

ЭЛЕМЕНТЫ И ДЕТАЛИ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ РАДИОПРИЕМНИКОВ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 55

ЭЛЕМЕНТЫ И ДЕТАЛИ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ РАДИОПРИЕМНИКОВ

(СПРАВОЧНАЯ КНИГА)

Под общей редакцией
В. В. ЕНЮТИНА

Рекомендовано Управлением технической подготовки Центрального комитета добровольного общества содействия армии в качестве пособия для радиокружков.



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1950 ЛЕНИНГРАД

В книге «Элементы и детали любительских радиоприемников» освещаются вопросы, решением которых наиболее часто приходится заниматься на практике большинству радиолюбителей. Излагаемые в книге сведения носят преимущественно прикладной характер и сопровождаются расчетами в той мере, которая необходима для сознательной практической работы.

Книга предназначается для радиолюбителей, переходящих от копирования известных конструкций, к самостоятельному конструированию.

Редактор *А. М. Бройде* Технический редактор *Л. М. Фридкин*

Сдано в пр-во 22/VI 1949 г. Подписано к печати 8/II 1950 г.
Объем 11,5 п. л., 18,4 уч.-изд. л. Формат бумаги 84×108 1/32
Т-00955 64 000 тип. знак. в 1 печ. л. Тираж 100 000. Заказ 2222

Типография Госэнергоиздата МЭС. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Книга «Элементы и детали любительских радиоприемников» предназначена для радиолюбителей, переходящих от копирования определенных образцов аппаратуры к самостоятельному конструированию. Как видно из ее названия, она не является руководством по конструированию, а содержит основные сведения об элементах и узлах радиоаппаратуры и о деталях, из которых она собирается, т. е. такие сведения, которые необходимы начинающему радиолюбителю-конструктору.

В радиолюбительской практике чаще всего приходится комбинировать схемы из отдельных узлов, рассчитывать колебательные контуры приемников или подгонять некомплектные контуры для сопряжения друг с другом, подбирать и изготавливать трансформаторы и выбирать детали, пригодные для работы в том или ином узле аппарата. Такие сведения справочного или полусправочного характера и содержит книга. Ее нельзя причислить к справочникам в обычном понимании этого слова, так как объем сведений, подробность и характер их изложения в различных главах неодинаковы и определялись теми требованиями, которые подсказывала радиолюбительская практика.

Подбор материала производился на основании многолетнего опыта технических консультаций. Сведения расчетного характера приведены лишь в отношении тех деталей, которые большинству любителей действительно приходится рассчитывать, и в тех пределах и такой степени точности, какие практически требуются.

По остальным деталям и узлам приводятся только основные данные и характеристики, а также сведения эксплоатационно-установочного характера. Объем этих сведений по различным группам деталей также неодинаков. Наиболее подробно описываются новые и малоизвестные детали. В частности, довольно подробно рассмотрены электроакустические приборы, данные, характеристики и способы оценки которых освещены в нашей радиолюбительской литературе очень скупо.

В главе, посвященной приемно-усилительной аппаратуре, приведены все наиболее распространенные в настоящее время и проверенные в любительской или заводской аппаратуре схемы различных каскадов и отдельных узлов приемников и усилителей.

В конце книги помещен небольшой справочный отдел, содержащий в основном сведения о схематических изображениях, радиотехнических единицах, законах постоянного и переменного тока и небольшие разделы о магнитных цепях и акустике. Отбор материала для этого отдела, как и для всей книги, диктовался опытом работы консультаций.

Упрощенные способы расчета деталей заимствованы из числа тех, описанных в литературе и распространенных среди радиолюбителей, которые хорошо зарекомендовали себя на практике.

Редакция просит все замечания по поводу содержания книги направлять в адрес издательства (Москва, Шлюзовая набережная, д. 10).

В. Енютин

СОДЕРЖАНИЕ

Глава первая

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Содержание каждой книги распределяется обычно в таком порядке, чтобы ее основная тема получила последовательное и логическое развитие. В настоящей книге очень трудно установить такую последовательность изложения материала.

Конструирование приемника в заводских условиях начинается с разработки технических условий, за которым следует составление примерной схемы, ее расчет и т. д.

Радиолюбители-конструкторы не придерживаются такого порядка. Больше того, в радиолюбительской практике конструирования приемников вообще не существует какой-либо твердо установившейся системы ведения разработки. Объясняется это тем, что начальные этапы разработки у радиолюбителей различны.

Некоторые радиолюбители начинают с составления схемы применительно к своим возможностям. Другие берут готовую схему и начинают подбирать для нее катушки и другие детали, третьи, имея готовый набор деталей для определенной схемы, все внимание уделяют ее переделке применительно к приемлемой для них системе питания приемника.

Таких вариантов можно насчитать много. Это не дает возможности построить содержание книги так, чтобы последовательность материала совпадала с порядком чередования различных этапов радиолюбительского конструирования аппаратуры.

Поэтому книгу было решено начать с расчета диапазонов и колебательных контуров приемника, а затем перейти к расчету катушек, так как именно эти вопросы радиолюбителям приходится решать наиболее часто. Для того, чтобы расчет диапазонов и колебательных контуров выполнялся радиолюбителем вполне сознательно, ему предпосланы краткие сведения о радиоволнах, а также характеристика спектра электромагнитных колебаний.

1,1. РАДИОВОЛНЫ

Для передачи радиосигналов используются электромагнитные колебания, распространяющиеся в вакууме со скоростью $c = 300\,000\,000$ *м/сек* (300 000 *км/сек*).

Электромагнитные колебания характеризуются частотой или длиной волны.

Единицей частоты f является герц (*гц*), соответствующий одному периоду колебания в секунду (пер/сек). Следовательно,

$$1\ гц = 1\ пер/сек.$$

Производными величинами от герца являются килогерц (*кгц*) и мегагерц (*мггц*):

$$1\ кгц = 1\,000 = 10^3\ гц;$$
$$1\ мггц = 1\,000\,000\ гц = 10^6\ гц = 1\,000\ кгц = 10^3\ кгц.$$

Единицей длины волны λ является метр (*м*). Волны длиннее метра выражаются в сотнях и тысячах метров, волны короче метра выражаются в дециметрах (*дцм*), сантиметрах (*см*), миллиметрах (*мм*), микронах (μ), ангстремах (Å) и иксах (X).

$$1\ дцм = 10^{-1}\ м; \quad 1\ \mu = 10^{-6}\ м;$$
$$1\ см = 10^{-2}\ м; \quad 1\text{Å} = 10^{-10}\ м;$$
$$1\ мм = 10^{-3}\ м; \quad 1\ X = 10^{-13}\ м.$$

В настоящее время более или менее изучен спектр электромагнитных колебаний, охватывающий частоты примерно от 10 000 *гц* до $3 \cdot 10^{15}$ *мггц* (длины волн от 30 000 *м* до 1 X). В этом спектре различаются следующие наиболее изученные и характерные участки:

$f = 1 \cdot 10^2 кгц \div 1 \cdot 10^4\ мггц$ ($\lambda = 3\,000\ м \div 3\ см$)—используются в радиотехнике;

$f = 3 \cdot 10^6\ мггц \div 4 \cdot 10^8\ мггц$ ($\lambda = 100\ \mu \div 0{,}75\ \mu$) — инфракрасные лучи;

$f = 4 \cdot 10^8 мггц \div 8 \cdot 10^8\ мггц$ ($\lambda = 0{,}75\ \mu \div 0{,}375\ \mu$)—видимые световые лучи;

$f = 8 \cdot 10^8\ мггц \div 6 \cdot 10^{10}\ мггц$ ($\lambda = 0{,}375\ \mu \div 0{,}005\ \mu$) — ультрафиолетовые лучи;

$f = 6 \cdot 10^{10}\ мггц \div 7{,}5 \cdot 10^{13}\ мггц$ ($\lambda = 0{,}005\ \mu \div 0{,}4\text{Å}$) — рентгеновские лучи;

$f = 3 \cdot 10^{14}\ мггц \div 3 \cdot 10^{15}\ мггц$ ($\lambda = 10X \div 1{,}0X$) — гамма-лучи (один из видов радиоактивного излучения).

Границы участков в этом списке указаны приблизительно, так как четко обозначенных границ между ними не существует.

Участок спектра электромагнитных колебаний, используемый радиотехникой, может быть, в свою очередь, разделен на наиболее характерные участки. В радиолюбительской и радиовещательной практике принято следующее его деление:

Длинные волны $\lambda = 2\,000\ м \div 700\ м$ ($f = 150\ кгц \div 428{,}6\ кгц$).

Средние волны $\lambda = 550\ м \div 200\ м$ ($f = 545\ кгц \div 1\,500\ кгц$).

Короткие волны $\lambda = 80\ м \div 10\ м$ ($f = 3{,}75\ мггц \div 30\ мггц$).

Ультракороткие волны $\lambda = 10\ м \div 1\ м$ ($f = 30\ мггц \div 300\ мггц$).

Дециметровые и сантиметровые волны $\lambda = 1\ м \div 1\ см$ ($f = 300\ мггц \div 30\,000\ мггц$).

Миллиметровые волны $\lambda = 1\ см \div 1\ мм$ ($f = 30\,000\ мггц \div 300\,000\ мггц$).

Длина волны λ, частота f и скорость распространения электромагнитных колебаний c связаны следующими формулами:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad \text{или} \quad f = \frac{c}{\lambda}.$$

Так как скорость распространения электромагнитных волн

$$c = 300\,000\,000\ м/сек, \text{ то}$$

$$\lambda_м = \frac{300\,000\,000}{f_{гц}}, \text{ или } f_{гц} = \frac{300\,000\,000}{\lambda_м}.$$

Чтобы получить частоту в *кгц*, надо скорость c выразить в *км*:

$$f_{кгц} = \frac{300\,000}{\lambda_м}, \text{ или } \lambda_м = \frac{300\,000}{f_{кгц}}.$$

1,2. ИНДУКТИВНОСТЬ

Электрический ток, проходя по проводнику, создает вокруг него магнитное поле, которое обычно условно представляют в виде некоторого количества магнитных силовых линий. Магнитное поле обладает определенным запасом энергии, получающимся за счет работы, совершаемой током для его создания.

Постоянный ток, текущий по проводнику, образует вокруг него магнитное поле неизменной величины.

Всякое изменение силы тока в проводнике вызывает соответствующие изменения величины магнитного поля, которое как бы разворачивается с увеличением силы тока и сжимается внутрь проводника с уменьшением силы тока. Переменный ток вызывает образование вокруг проводника переменного магнитного поля: с увеличением силы тока магнитное поле также возрастает, при спадании силы тока поле уменьшается до нуля, затем образуется вновь с обратным знаком и т. д.

При увеличении и уменьшении магнитного поля его силовые линии пересекают не только создавший поле проводник, но и соседние проводники, вызывая в них возникновение электродвижущей силы.

Наведение в проводнике дополнительной электродвижущей силы, при изменении величины текущего по нему тока, носит название самоиндукции, а наводимая (индуктируемая) электродвижущая сила называется электродвижущей силой (э. д. с.) самоиндукции. Свойство токонесущего проводника вызывать явление самоиндукции называется индуктивностью.

Для количественного определения величины индуктивности пользуются специальной единицей — генри (*гн*). Индуктивностью в один генри обладает такой проводник, в котором при изменении силы тока на один ампер в секунду создается электродвижущая сила самоиндукции, равная одному вольту. В радиотехнике обычно приходится иметь дело с индуктивностями меньшего порядка — миллигенри (*мгн*) и микрогенри (*мкгн*):

$$1\ мгн = 1 \cdot 10^{-3}\ гн;$$
$$1\ мкгн = 1 \cdot 10^{-6}\ гн.$$

Возникающая в проводнике э. д. с. самоиндукции препятствует происходящему изменению силы тока. При уменьшении силы тока знак э. д. с. самоиндукции совпадает со знаком действующей в проводе э. д. с. Поэтому э. д. с. самоиндукции вызывает в этом случае появление тока одинакового направления с убывающим током, препятствуя его убыванию. При возрастании тока возникает э. д. с. самоиндукции обратного знака с действующей, которая, создавая ток обратного направления, препятствует увеличению тока.

Это свойство самоиндукции как бы создает для прохождения тока некоторое дополнительное сопротивление R_x, которое численно равно

$$R_x = \omega L,$$

где L — индуктивность проводника, а $\omega = 2\pi f$.

Если L в этой формуле выражено в генри, а частота f в герцах, то R_x определяется в омах.

Прямолинейный проводник обладает сравнительно малой индуктивностью. Если проводник согнуть в виде спирали — катушки, его, индуктивность значительно возрастает. В этом случае каждый виток провода при изменении текущего по катушке тока будет пересекаться не только собственными силовыми линиями, но и силовыми линиями соседних витков, вследствие чего наводимая э. д. с. самоиндукции увеличится. Чем теснее намотана катушка, т. е. чем ближе ее витки друг к другу, тем больше ее индуктивность. В этой главе приведены формулы для расчета индуктивности катушек различной формы и различных видов намотки.

Соединение катушек индуктивности. При последовательном соединении катушек индуктивности, между которыми нет индуктивной связи, общая индуктивность всей цепи равна сумме индуктивностей отдельных катушек

$$L_{общ} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$$

При параллельном соединении катушек индуктивности, между которыми нет индуктивной связи, общая индуктивность определяется по формуле:

$$L_{общ} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots}, \quad \text{или} \quad \frac{1}{L_{общ}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots$$

Общая индуктивность двух катушек индуктивности, соединенных параллельно и не имеющих между собой индуктивной связи, определяется по более простой формуле

$$L_{общ} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}.$$

Отсюда

$$L_1 = \frac{L_2 \cdot L_{общ}}{L_2 - L_{общ}} \quad \text{и} \quad L_2 = \frac{L_1 \cdot L_{общ}}{L_1 - L_{общ}}.$$

В приведенных формулах величины всех индуктивностей должны быть выражены в одинаковых единицах.

Расчет общей величины параллельно соединенных катушек индуктивности может быть выполнен еще проще при помощи номограммы, помещенной на стр. 16.

Коэффициент взаимной индукции. Если две одинаковые катушки расположены так,что линии магнитного потока одной катушки пересекают витки другой катушки, то говорят, что эти катушки индуктивно связаны и между ними существует взаимоиндуктивность. Взаимоиндуктивность выражается в генри и определяется коэффициентом взаимоиндукции, равным индуктируемому в любой из связанных катушек напряжению, при изменении силы тока, проходящего по соседней катушке на один *а* в сек.

Коэффициент взаимной индукции M двух параллельно расположенных на одной оси катушек (наиболее часто встречающийся на практике случай) определяется по формуле

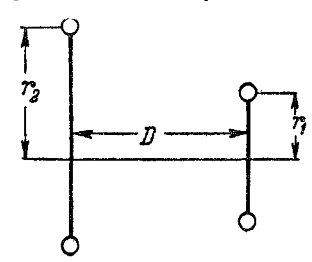
$$M = n_1 \cdot n_2 \cdot M_0, \qquad (1,1)$$

где n_1 — число витков первой катушки;

n_2 — число витков второй катушки;

M_0 — коэффициент взаимоиндукции между средними витками этих катушек.

Величина M_0 определяется следующим образом. Предположим что два витка, изображенные на фиг. 1,1, являются средними витками двух катушек, расстояние между которыми равно D *см*, а радиусы их r_1 и r_2 *см*. Сначала определяют вспомогательную величину A по формуле



Фиг. 1,1. Определение взаимоиндукции между двумя витками.

$$A = \sqrt{\frac{(r_2 - r_1)^2 + D^2}{(r_2 + r_1)^2 + D^2}}. \qquad (1,2)$$

По найденной величине A в табл. 1,1 находят соответствующий ей коэффициент k. Тогда

$$M_0 = k \cdot \sqrt{r_1 \cdot r_2}. \qquad (1,3)$$

Найденное значение M_0 подставляют в формулу (1,1) и находят значение коэффициента взаимоиндукции между катушками, выраженное в генри.

Таблица 1,1

Таблица величин *A* и *k*

A	*k*	*A*	*k*	*A*	*k*	*A*	*k*	*A*	*k*	*A*	*k*
0,010	50,2	0,050	30,0	—	—	0,53	3,49	0,77	0,981	0,964	0,0490
0,011	49,0	0,060	27,8	0,30	8,84	0,54	3,34	0,78	0,863	0,966	0,0449
0,012	47,9	0,070	25,8	0,31	8,50	—	—	0,79	0,797	0,968	0,0409
0,013	46,9	0,080	24,2	0,32	8,18	0,55	3,20	—	—	—	—
0,014	46,0	0,090	22,8	0,33	7,86	0,56	3,05	0,80	0,735	0,970	0,0371
0,015	45,1	—	—	0,34	7,56	0,57	2,91	0,81	0,674	0,972	0,0334
0,016	44,3	0,10	21,5	—	—	0,58	2,78	0,82	0,616	0,974	0,0298
0,018	42,8	0,11	20,3	0,35	7,27	0,59	2,65	0,83	0,561	0,976	0,0264
—	—	0,12	19,3	0,36	6,99	—	—	0,84	0,508	0,978	0,0232
0,020	41,5	0,13	18,3	0,37	6,72	0,60	2,53	0,85	0,457	—	—
0,022	40,3	0,14	17,4	0,38	6,44	0,61	2,41	0,86	0,408	0,980	0,0200
0,024	39,2	0,15	16,6	0,39	6,21	0,62	2,29	0,87	0,363	0,982	0,0171
0,026	38,2	0,16	15,9	—	—	0,63	2,18	0,88	0,318	0,984	0,0143
0,028	37,3	0,17	15,2	0,40	5,97	0,64	2,07	0,89	0,277	0,986	0,0117
—	—	0,18	14,5	0,41	5,74	0,65	1,16	—	—	0,988	0,00926
0,030	34,4	0,19	13,9	0,42	5,51	0,66	1,86	0,90	0,239	—	—
0,032	35,6	—	—	0,43	5,30	0,67	1,76	0,91	0,202	0,990	0,00703
0,034	34,8	0,20	13,3	0,44	5,10	0,68	1,66	0,92	0,168	0,992	0,00502
0,036	34,1	0,21	12,7	—	—	0,69	1,57	0,93	0,136	0,994	0,00325
0,038	33,4	0,22	12,2	0,45	4,89	0,70	1,43	0,94	0,107	0,996	0,00172
—	—	0,23	11,7	0,46	4,69	0,71	1,39	0,950	0,0817	0,998	0,00062
0,040	32,6	0,24	11,2	0,47	4,50	0,72	1,31	0,952	0,0761		
0,042	32,2	0,25	10,8	0,48	4,32	0,73	1,23	0,954	0,0713		
0,044	31,6	0,26	10,4	0,49	4,14	0,74	1,15	0,956	0,0666		
0,046	31,[illegible]	0,27	9,96	0,50	3,97	—	—	0,958	0,062[illegible]		
0,048	30,5	0,28	9,57	0,51	3,80	0,75	1,07	0,960	0,0576		
—	—	0,29	9,20	0,52	3,64	0,76	1,00	0,962	0,0532		

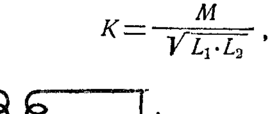
1,3. КОЭФФИЦИЕНТ СВЯЗИ

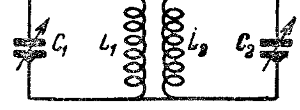
Две цепи, взаимно расположенные так, что энергия из одной цепи может передаваться в другую, называются связанными. Степень связи определяется так называемым коэффициентом связи K, являющимся отвлеченным числом, обычно выражаемым в процентах.

В практике чаще всего приходится определять коэффициент связи между контурами. Рассмотрим наиболее характерные виды связи между контурами.

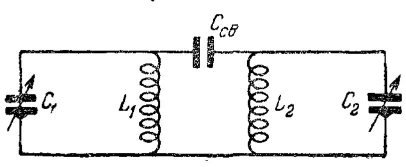
а) **Индуктивная связь между катушками контуров** (фиг. 1,2). В этом случае коэффициент связи находится по формуле

$$K=\frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}},$$





Фиг 1,2. Индуктивная связь двух контуров.



Фиг. 1,4. Связь между контурами через последовательно включенную емкость.

Фиг. 1,3. Зависимость между величиной связи и частотой. A—при индуктивной связи; B—при последовательной емкостной связи; C—при параллельной емкостной связи.

где M — коэффициент взаимной индукции между катушками L_1 и L_2, определяемый по формуле (1,1), L_1 и L_2 — индуктивности соответствующих катушек. При данном виде связи коэффициент связи не изменяется с изменением частоты колебания контуров. Поэтому, если построить график, по вертикальной оси которого откладывать величины K, а по горизонтальной — значения соответствующей частоты, то зависимость между f и K изобразится прямой линией A, параллельной горизонтальной оси (фиг. 1,3).

б) **Емкостная связь.** На фиг. 1,4 приведена схема двух контуров с последовательной емкостной связью. Связующей емкостью является постоянный конденсатор $C_{св}$. В этом случае коэффициент связи K равен

$$K=\frac{\sqrt{C_1 C_2}}{\sqrt{(C_1+C_{св})(C_2+C_{св})}}.$$

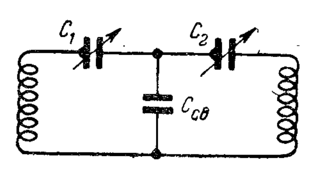
Если $C_1=C_2=C$, т. е. емкости конденсаторов настройки одинаковы (как это обычно и практикуется), то

$$K=\frac{C}{C+C_{св}}.$$

При настройке контуров емкость $C_{св}$ остается постоянной, а емкость C — изменяется. Так как частота обратно пропорциональна емкости конденсатора настройки, то с уменьшением частоты K будет увеличиваться и наоборот. Характер изменения величины K в зависимости от частоты настройки контуров показан кривой B на фиг. 1,3.

в) На фиг. 1,5 приведена схема связи через параллельно включенную емкость $C_{св}$ (при отсутствии индуктивной связи между катушками). В этом случае коэффициент связи определяется по формуле

$$K=\frac{C_{св}}{C+C_{св}}.$$



Фиг. 1,5. Связь между контурами через параллельно включенную емкость.

Так как емкость $C_{св}$ обычно мала по сравнению с емкостями конденсаторов настройки, то без ущерба для точности расчета коэффициент K может быть подсчитан по упрощенной формуле

$$K \approx \frac{C_{св}}{C}.$$

В этом случае зависимость между частотой настройки и величиной C обратна предыдущему случаю, а зависимость между величиной K и частотой характеризуется кривой C на фиг. 1,3.

1,4. ЕМКОСТЬ

Система из двух или более токопроводящих обкладок, разделенных изолирующим веществом (диэлектриком) называется электрическим конденсатором.

Если к обкладкам (электродам) конденсатора приложить некоторое напряжение, то конденсатор зарядится, т. е. на его электродах появятся заряды, равные по величине, но обратные по знаку. Отношение одного из этих разрядов Q к напряжению V, заряжающему конденсатор, называется емкостью C конденсатора. Таким образом

$$C=\frac{Q}{V},$$

где C — емкость конденсатора в *ф*;
Q — количество электричества в *к*;
V — напряжение конденсатора в *в*.

Энергия A, запасенная конденсатором, может быть выражена отношением

$$A=\frac{CV^2}{2} \text{ эргов.}$$

Емкость конденсатора зависит от: 1) площади электродов, 2) расстояния между обкладками и 3) свойств диэлектрика между электродами.

Свойства диэлектрика характеризуются его диэлектрической проницаемостью ε, которая показывает, во сколько раз увеличивается емкость конденсатора, если воздушный промежуток между его электродами заменить данным материалом.

Величины диэлектрической проницаемости различных материалов приведены в табл. 1,2.

Таблица 1,2

Диэлектрик (материал)	Диэлектрическая проницаемость ε	Электрическая крепость *кв/см*
Воздух	1	30
Бумага бакелизированная	4,5	90
» парафинированная	3,7	120
» промасленная	3,5	100
Гетинакс (пертинакс)	4,5	120
Кварц	3,5	200
Слюда	6,5	1 000
Стекло разное	5	15
Фарфор	5,5	100
Пирафилитовая керамика	6	150
Высокочастотный ультрафарфор	7—7,5	200
Конденсаторная керамика тимаг	16—19	150—200
» » тиконд	80—90	150—200

Данные, приведенные в таблице, являются средними и могут применяться только для ориентировочного расчета.

Наиболее простым по конструкции является конденсатор, состоящий из двух параллельных пластин, разделенных воздушным промежутком или твердым диэлектриком. Емкость такого конденсатора определяется по формуле

$$C = \frac{0{,}08 \cdot S \cdot \varepsilon}{d},$$

здесь: C — емкость в *пф*,

S — рабочая площадь одного электрода в $см^2$;

d — расстояние между электродами в *см*;

ε — диэлектрическая проницаемость диэлектрика между электродами.

В практике часто приходится пользоваться многопластинчатыми воздушными конденсаторами, состоящими из двух групп параллельных пластин. В таких конденсаторах накопление зарядов происходит на обеих сторонах всех внутренних пластин, кроме двух крайних, у которых действующими являются только внутренние поверхности. Емкость многопластичатого конденсатора подсчитывается по формуле

$$C = \frac{0{,}08 \cdot \varepsilon \cdot S\,(n-1)}{d}\ пф,$$

где S — площадь одной стороны обкладки (пластины) в $см^2$;

n — полное число пластин (сумма пластин для обеих обкладок конденсатора);

d — толщина диэлектрика в *см*;

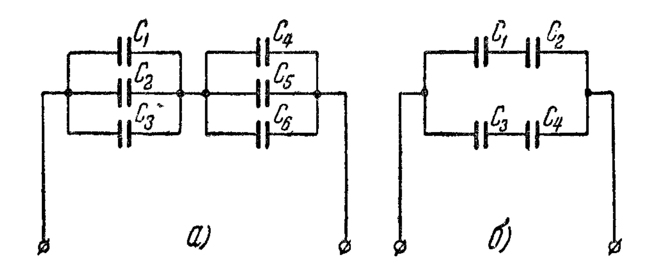
ε — диэлектрическая проницаемость материала.

Соединение конденсаторов. Конденсаторы могут соединяться друг с другом параллельно, последовательно и параллельно-последовательно,

При параллельном соединении конденсаторов их общая емкость равна сумме емкостей всех соединенных конденсаторов:

$$C_{общ} = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots \quad (1,4)$$

При параллельном соединении напряжение на всех конденсаторах будет одинаковым.



Фиг. 1,6. Два случая смешанного соединения конденсаторов.

При последовательном соединении конденсаторов их общая емкость будет меньше емкости меньшего из конденсаторов. Определить общую емкость последовательно соединенных конденсаторов можно по одной из следующих двух формул:

$$\frac{1}{C_{общ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots \text{ и } C_{общ} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots} \quad (1,5)$$

При вычислении общей емкости конденсаторов, соединенных любым способом, их величины должны быть выражены в одних и тех же единицах.

Емкость двух последовательно соединенных конденсаторов равна отсюда.

$$C_{общ} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}, \quad (1,6)$$

отсюда

$$C_1 = \frac{C_2 \cdot C_{общ}}{C_2 - C_{общ}} \text{ и } C_2 = \frac{C_1 \cdot C_{общ}}{C_1 - C_{общ}}.$$

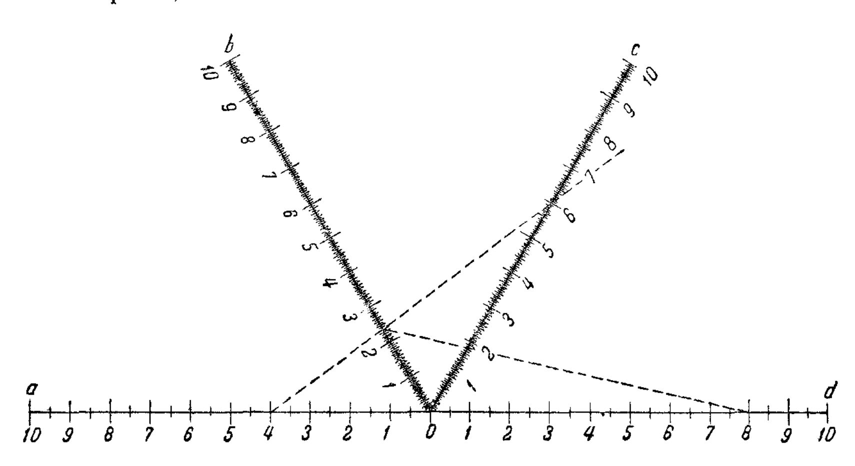
При последовательном соединении двух конденсаторов с одинаковой емкостью их общая емкость равна половине емкости любого из них.

При смешанном соединении конденсаторов сначала вычисляется емкость отдельных соединенных цепей, а затем определяется общая емкость. Например, при соединении конденсаторов, показанном на фиг. 1,6,*а*,

сначала надо вычислить суммарную емкость группы конденсаторов C_1+ $+C_2+C_3$ и конденсаторов $C_4+C_5+C_6$ по формуле (1,4), а затем найти по формуле (1,6) их общую емкость, подставив в формулу найденные суммарные значения емкости каждой группы.

При определении общей емкости конденсаторов, соединенных по способу, показанному на фиг. 1,6,*б*, надо сначала определить суммарные емкости последовательно соединенных конденсаторов C_1, C_2 и C_3, C_4, а затем подсчитать результирующую величину.

Для ускорения расчета удобно пользоваться номограммой, приведенной на фиг. 1,7



Фиг. 1,7. Номограмма для определения суммарной величины последовательно соединенных емкостей и параллельно соединенных индуктивностей и омических сопротивлений.

В качестве примера на этой номограмме показано определение величины общей емкости трех последовательно соединенных конденсаторов в 4 *мкф*, 6 *мкф* и 8 *мкф*. Определение производится в такой последовательности: на шкале *a* находят точку, соответствующую величине первого конденсатора (4 *мкф*), а на шкале *c* — точку, соответствующую величине второго конденсатора (6 *мкф*). Две эти точки соединяются прямой линией, точка пересечения которой со шкалой *b* определит общую емкость первого и второго конденсаторов (2,4 *мкф*). Затем на шкале *d* находят точку, соответствующую величине третьего конденсатора (8 *мкф*), и соединяют ее с точкой 2,4 на шкале *b*. Пересечение линии, соединяющей эти точки, со шкалой *c* определит суммарную емкость всех трех конденсаторов — 1,85 *мкф*. Если нужно определить общую емкость не трех, а четырех конденсаторов, то на шкале *a* надо было бы найти точку, соответствующую величине этого четвертого конденсатора, и соединить ее с точкой 1,85 на шкале *c*. Пересечение линии, соединяющей эти точки со шкалой *b* определит общую величину четырех конденсаторов и т. д.

Для получения правильного результата все величины на шкалах номограммы должны быть выражены в одинаковых единицах.

1,5. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

Собственная частота колебательного контура, состоящего из емкости C и индуктивности L, может быть определена из формулы:

$$\text{Частота } f=\frac{1}{2\pi\sqrt{L\cdot C}}\,. \qquad (1,7)$$

Так как угловая частота $\omega=2\pi f$, то из формулы (1,7) следует, что

$$\omega=\frac{1}{\sqrt{L\cdot C}}, \qquad (1,8)$$

отсюда

$$\omega L=\frac{1}{\omega C},$$

где f в *гц*, C в *ф*, L в *гн*.

На практике удобнее пользоваться следующими видоизмененными формулами:

$$\lambda\, м=1{,}884\sqrt{L_{мкгн}\cdot C_{пф}} \qquad (1,9)$$

или

$$f_{кгц}=\frac{159\,000}{\sqrt{L_{мкгн}C_{пф}}}=\frac{159}{\sqrt{L_{гн}\,C_{мкф}}}\,. \qquad (1,10)$$

Если известна емкость C, то

$$L_{мгн}=\frac{25{,}3\cdot 10^6}{C_{пф}\cdot f^2_{кгц}}, \qquad (1,11)$$

если же известна индуктивность L, то

$$C_{пф}=\frac{25{,}3\cdot 10^6}{L_{мгн}\cdot f^2_{кгц}}\,. \qquad (1,12)$$

Так как величина емкости контура C в формуле (1,7) находится под знаком корня, то изменение длины волны контура пропорционально корню квадратному из величины изменения емкости. Если, например, величина емкости изменяется в 25 раз, то волна контура изменится в $\sqrt{25}=$ $=5$ раз. Это обстоятельство следует учитывать при подборе переменных конденсаторов для колебательных контуров.

Если в контуре, состоящем из последовательно соединенных индуктивности L, емкости C, активного сопротивления R, частота источника напряжения совпадает с собственной частотой контура, то в контуре будет иметь место резонанс напряжений. Частота f, при которой наступает резонанс напряжений, обуславливающийся равенством $\omega L=\frac{1}{\omega C}$, называется резонансной частотой, иногда обозначаемой как $f_{рез}$.

При резонансной частоте индуктивное сопротивление ωL и емкостное $\frac{1}{\omega C}$ нейтрализуют друг друга и единственным действующим в контуре сопротивлением остается активное сопротивление R, определяемое, главным образом, омическим сопротивлением катушек контура. При более

строгом рассмотрении, к нему надо прибавить сопротивление, эквивалентное потерям на вихревые токи, потерям в диэлектрике и на скинэффект. Последний характеризуется тем, что токи высокой частоты протекают не по всей толще проводов, а по поверхностному слою, толщина которого уменьшается с повышением частоты. Это явление уменьшает действующий диаметр провода или, что то же самое, увеличивает его сопротивление с повышением частоты.

Поэтому при резонансе ток $I_{рез}$ будет равен

$$I_{рез} = \frac{U_{ист}}{R}.$$

Напряжение $U_{рез}$, создающееся на катушке контура при резонансе, равно по закону Ома

$$U_{рез} = \omega L \frac{U_{ист}}{R} = \frac{\omega L}{R} \cdot U_{ист},$$

т. е. напряжение на катушке в $\frac{\omega L}{R}$ раз больше подводимого к контуру напряжения источника тока $U_{ист}$.

Величина $\frac{\omega L}{R}$ обычно обозначается буквой Q. Поэтому можно написать, что при резонансе напряжение, развивающееся на катушке контура, равно

$$U_{рез} = U_{ист} \cdot Q.$$

Это соотношение дало основание назвать Q множителем вольтажа. Поскольку при резонансе $\omega L = \frac{1}{\omega C}$, то напряжение на конденсаторе равно напряжению на катушке, т. е. равно $U_{ист} \cdot Q$.

Величину Q обычно называют добротностью контура. Эта величина имеет очень большое значение. Она показывает, во сколько раз контур при резонансе увеличивает подведенное к нему напряжение. Чем больше Q контура, тем больше общее усиление приемника. В современных приемниках Q контура бывает примерно от 40 до 150, достигая у лучших образцов катушек 200.

Величина Q дает возможность легко определить ширину полосы, пропускаемой контуром при резонансе. Полосой пропускания Δf считается полоса, в пределах которой усиление не падает ниже 0,7 от усиления при резонансной частоте. Ширина полосы пропускания Δf определяется через величину Q по следующей формуле:

$$\Delta f = \frac{1}{Q} \cdot f_{рез}.$$

Так, например, при $f_{рез} = 400$ *кгц* ширина полосы пропускания контура, имеющего $Q = 100$, составит:

$$\Delta f = \frac{1}{100} \cdot 400 = 4 \text{ кгц}.$$

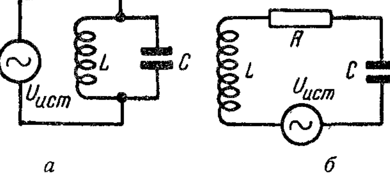
Поскольку Q в этой формуле находится в знаменателе, то, чем больше будет Q, тем меньше будет Δf, т. е. тем уже будет полоса пропускаемых частот, а, следовательно, тем выше будет избирательность контура.

Если к контуру, составленному из параллельно соединенных емкости и индуктивности, присоединить источник напряжения (фиг. 1,8,*а*), то, при совпадении частоты источника напряжения с резонансной частотой контура $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, имеет место резонанс токов (параллельный резонанс).

При резонансе токов эквивалентное сопротивление $Z_э$ контура получается очень большим. Оно тем больше, чем меньше активное сопротивление контура R (фиг. 1,8,*б*), т. е. чем больше его добротность Q

$$Z_э = \frac{\omega^2 L^2}{R} = \frac{\omega L}{R} \cdot \omega L = Q \cdot \omega L = \frac{Q}{\omega C},$$

таким образом эквивалентное сопротивление контура при резонансе в Q раз больше реактивного сопротивления индуктивности или емкости контура при этой частоте.



Фиг. 1,8. Присоединение к контуру источника напряжения.

Усиление k лампового каскада приемника с настроенным контуром в анодной цепи с большой степенью приближения выражается зависимостью:

$$k = Z_э \cdot S,$$

где S — крутизна характеристики лампы. Так как $Z_э$ пропорционален Q, то, очевидно, что усиление каскада пропорционально Q контура: чем больше Q, тем больше усиление.

Из сказанного выше следует, что Q характеризует качество контура и поэтому является одним из важнейших его параметров.

Строго говоря, Q контура зависит не только от Q катушки, но и от Q конденсатора. Но так как потери в изготовляемых в настоящее время конденсаторах очень малы, то практически Q контура определяется только Q катушки контура.

Отношение величины напряжения на зажимах контура к величине подведенного напряжения называют коэффициентом усиления контура и обычно обозначают буквой N. Величина N для любой частоты f может быть подсчитана по формуле

$$N = \frac{1}{\sqrt{(1 - x^2)^2 + d^2 x^2}},$$

где $d = \frac{1}{Q}$; $x = \frac{f_{рез}}{f}$. Величины $f_{рез}$ и f могут быть выражены в любых, но одинаковых единицах. Определив коэффициент усиления контура для ряда частот, можно построить кривую резонанса контура.

Глава вторая

РАСЧЕТ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ КОНТУРОВ И КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

Катушки индуктивности принадлежат к числу тех немногих деталей радиоприемника, которые радиолюбителям иногда приходится делать самим. Изготовлению катушек обыкновенно предшествует их расчет. Прибегать к расчетам приходится не только в тех случаях, когда радиолюбитель сам конструирует катушки, но часто и тогда, когда он выполняет их по какому-нибудь образцу. Несколько иная емкость переменного конденсатора, нежели в копируемом образце, отличие диаметра имеющихся проводов и каркасов от рекомендуемых — все это заставляет прибегать к расчетам и пересчетам данных катушек, так как в противном случае не будет получен нужный диапазон.

В этой главе приводятся простые способы расчета катушек и других элементов колебательных контуров, обеспечивающие вполне достаточную для практики точность.

Расчет катушек распадается на два этапа: определение величины индуктивности катушки применительно к выбранному диапазону и другим данным колебательного контура и определение числа витков, нужных для получения этой индуктивности применительно к размерам имеющегося каркаса и диаметру провода.

2,1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ КАТУШЕК

Приступая к расчету колебательных контуров и катушек, надо прежде всего установить точные пределы диапазонов приемника. Приводимые ниже формулы дают возможность рассчитывать величины индуктивностей применительно к любым встречающимся в радиолюбительской практике диапазонам, для стандартных же диапазонов можно пользоваться упрощенными формулами, которые тоже приводятся ниже.

Эти стандартные диапазоны следующие:

Диапазон длинных волн

Длина волны $\lambda = 2\,000 \div 750$ *м*
Частота $f = 150 \div 400$ *кгц*

Диапазон средних волн

Длина волны $\lambda = 550 \div 200$ *м*
Частота $f = 545 \div 1\,500$ *кгц*

Диапазон коротких волн

Длина волны $\lambda = 50 \div 18$ *м*
Частота $f = 6\,000 \div 16\,700$ *кгц.*

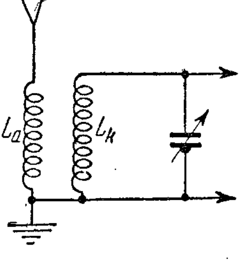
Диапазоны с более широкими пределами обычно не перекрываются переменными конденсаторами или иными органами настройки, поэтому в случае необходимости получить более широкие диапазоны приходится вводить дополнительное переключение индуктивности.

Определение индуктивности антенных катушек. В большинстве приемников осуществляется индуктивная связь входного контура с антенной, обеспечивающая бо́льшую равномерность усиления по диапазону, чем емкостная связь. С этой целью в цепь антенны включается отдельная для каждого диапазона ненастраивающаяся катушка, L_a, которая связывается индуктивно с катушкой $L_к$ настраивающе ося входного контура (фиг. 2,1).

Наилучшие условия работы получаются тогда, когда собственная частота антенной цепи приблизительно на 30% ниже самой низкой частоты настраивающегося входного контура этого диапазона. В этом случае индуктивность антенной катушки L_a определяется по формуле:

$$L_{a\,(мкгн)} = \frac{5{,}16 \cdot 10^{10}}{C_{ант.\,(пф)} \cdot f^2_{мин\,(кгц)}} - L_{ант\,(мкгн)}, \qquad (2,1)$$

где $C_{ант}$ и $L_{ант}$ — собственная емкость и индуктивность антенны (в пикофарадах и микрогенри), а $f_{мин}$ — самая низкая частота настройки входного контура. Собственная емкость наружной антенны средних размеров обычно колеблется в пределах от 150 до 250 *пф*, а индуктивность такой антенны бывает порядка 25—30 *мкгн*.



Фиг. 2,1. Индуктивная связь антенны с катушкой входного контура.

В большинстве случаев для подсчета индуктивности антенной ненастраивающейся катушки можно пользоваться более приближенной формулой, дающей достаточно точные для практики результаты:

$$L_{a\,(мкгн)} = \frac{A}{C_{ант\,(пф)}}, \qquad (2,2)$$

где коэффициент A для длинноволнового диапазона равен 2 530 000, для средневолнового—180 000 и для коротковолнового — 1400.

Определение индуктивности катушек входных контуров. Расчет входного контура приемника независимо от типа последнего (т. е. как супера, так и прямого усиления) сводится по существу к определению нужной индуктивности катушки. Контур состоит, как видно из фиг. 2,2, из катушки $L_к$, переменного конденсатора $C_к$ и некоторой дополнительной емкости $C_п$, которая складывается из емкости катушки, емкости монтажа и входной емкости лампы. Точная величина этой емкости не бывает известна радиолюбителям, поэтому приходится ориентироваться на какую-то ее среднюю величину, обычно колеблющуюся в пределах от 30 до 50 *пф*.

Радиолюбителями применяются готовые фабричные переменные конденсаторы, рассчитанные на перекрытие нормальных диапазонов. Если случайно попался какой-нибудь нестандартный переменный конденсатор, то следует проверить, сможет ли он обеспечить нужное перекрытие диапазона контура.

Как видно из приведенных выше пределов стандартных диапазонов, отношение наивысшей частоты каждого из них к соответствующей наинизшей частоте равно примерно 2,7. Изменение емкости переменного конденсатора от минимума до максимума должно обеспечить такое же перекрытие. Коэффициент k перекрытия диапазона контура равен:

$$k = \sqrt{\frac{C_{макс} + C_п}{C_{мин} + C_п}}, \qquad (2,3)$$

где $C_{макс}$ — наибольшая емкость переменного конденсатора в пикофарадах, $C_{мин}$ — его наименьшая емкость в пикофарадах и $C_п$ — дополнительная паразитная емкость тоже в пикофарадах.

Если подсчет коэффициента перекрытия покажет, что он слишком мал, то следует или постараться сколько возможно уменьшить паразитную емкость $C_п$ или же ввести в схему дополнительное переключение индуктивности. Если коэффициент перекрытия будет незначительно превышать нужную величину, то с этим можно примириться. Если же он будет значительно больше требуемого, то последовательно с основным конденсатором можно включить дополнительный конденсатор, величину которого легко определить из формулы:

$$C_{пос} = \frac{C_к \cdot C_{об}}{C_к + C_{об}}, \qquad (2,4)$$

где $C_{пос}$ — емкость дополнительного конденсатора, включаемого последовательно с переменным;

$C_к$ — наибольшая емкость переменного конденсатора;

$C_{об}$ — наибольшая емкость контура, нужная для нормального перекрытия.

Все емкости выражаются в пикофарадах.

Расчет индуктивности катушки $L_к$ производится по следующей формуле:

$$L_{к\,(мкгн)} = \frac{2{,}53 \cdot 10^{10}}{C_{(пф)} \cdot f^2_{(кгц)}}, \qquad (2,5)$$

где f — минимальная или максимальная частота данного диапазона, а C — соответственно минимальная ($C = C_{к\,мин} + C_п$) или максимальная ($C = C_{к\,макс} + C_п$) емкость контура.

Для определения $L_к$ можно пользоваться также следующими упрощенными формулами, обеспечивающими достаточную точность для указанных выше диапазонов.

Для длинноволнового диапазона

$$L_{к\,(мкгн)} = \frac{158\,000}{C_{к\,мин\,(пф)}}. \qquad (2,6)$$

Для средневолнового диапазона

$$L_{к\,(мкгн)} = \frac{11\,200}{C_{к\,мин\,(пф)}}. \qquad (2,7)$$

Для коротковолнового диапазона

$$L_{к\,(мкгн)} = \frac{700}{C_{к\,макс\,(пф)}}. \qquad (2,8)$$

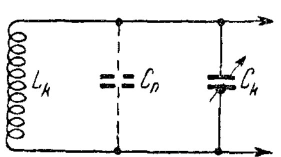
Расчет других контуров приемников прямого усиления производится по этим же формулам (2,6)—(2,8).

Расчет индуктивности катушек контуров промежуточной частоты производится по формуле (2,5).

Определение индуктивности катушек по таблице. Определить нужную индуктивность катушки контура при заданной величине емкости контура можно при помощи помещенной ниже табл. 2,1. В этой таблице

приведены длины волн в метрах, частота в килогерцах и соответствующие им произведения индуктивности катушки в микрогенри на емкость в пикофарадах. Например, для волны 750 *м* (частота 400 *кгц*) произведение величины индуктивности контура на величину емкости равно 160 000. Если начальная емкость переменного конденсатора контура равна 12 *пф*, а дополнительная емкость монтажа ($C_п$ на фиг. 2,2) равна 40 *пф*, то общая емкость контура равна 52 *пф*. Разделив число 160 000 на величину емкости, получим величину нужной индуктивности

$$\frac{160\,000}{52} \approx 3\,000 \text{ мкгн}.$$



Фиг. 2,2. Паразитная емкость контура присоединяется параллельно конденсатору контура.

Пользуясь табл. 2,1, легко определить и нужную величину емкости контура применительно к имеющейся индуктивности. Например, имеется катушка с индуктивностью 1 000 *мкгн*. Какова должна быть емкость контура промежуточной частоты (465 *кгц*) с этой катушкой?

В таблице находим, что произведение индуктивности на емкость при частоте 465 *кгц* должно быть равно 120 000. Разделив 120 000 на величину индуктивности катушки, получим, что емкость контура должна быть равна

$$\frac{120\,000}{1\,000} = 120 \text{ пф}.$$

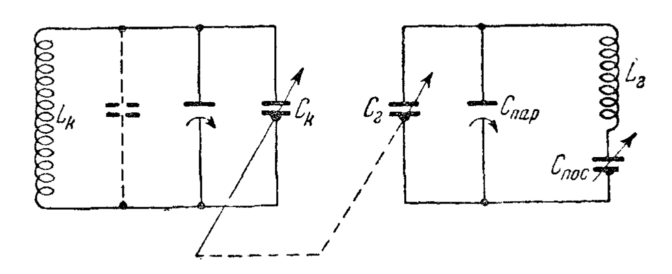
Таблица 2,1

Длина волны, *м*	Частота, *кгц*	Произведение, *L мкгн × C пф*	Длина волны, *м*	Частота, *кгц*	Произведение, *L мкгн × C пф*
5	60 000	7	300	1 000	25 000
6	50 000	10	350	857	34 000
7	42 900	14	400	750	44 500
8	37 500	18	450	667	56 500
9	33 300	23	500	600	70 000
10	30 000	28	550	546	84 000
13	23 100	47	600	500	100 000
15	20 000	63	645	465	120 000
20	15 000	110	700	429	140 000
25	12 000	170	750	400	160 000
30	10 000	250	800	375	180 000
35	8 570	340	900	333	230 000
40	7 500	445	1 000	300	280 000
45	6 670	565	1 100	273	340 000
50	6 000	700	1 200	250	400 000
60	5 000	1 000	1 300	231	470 000
70	4 290	1 400	1 400	214	550 000
80	3 750	1 800	1 500	200	630 000
90	3 300	2 300	1 600	188	715 000
100	3 000	2 800	1 700	176	805 000
200	1 500	11 000	1 800	167	890 000
250	1 200	17 000	1 900	158	1 000 000
			2 000	150	1 100 000

2,2. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНТУРА ГЕТЕРОДИНА

В типовых схемах современных радиовещательных суперов контур гетеродина настраивается на частоту выше принимаемой. Разница между частотой настройки гетеродина и частотой настройки входного контура на всем диапазоне приемника должна быть равна промежуточной частоте. Промежуточная частота обычно равна 460—465 *кгц*. Следовательно, в любой точке диапазона разница между частотой гетеродина и частотой входного контура должна составлять 460—465 *кгц*. Если, например, длинноволновый диапазон приемника охватывает частоты от 400 до 150 *кгц*, то диапазон контура гетеродина должен охватывать частоты от 400+ +460 = 860 *кгц* и до 150+460 = 610 *кгц*.

Из этих цифр видно, что коэффициент перекрытия в контуре гетеродина заметно меньше, чем у входного контура (2,66 у входного контура и 1,41 у контура гетеродина). При применении для настройки входного и гетеродинного контуров одинаковых переменных конденсаторов,



Фиг. 2,3. Входной и гетеродинный контуры супера.

соединенных на одной оси (как это и бывает в современных приемниках) приходится искусственно уменьшать коэффициент перекрытия гетеродинного контура. С этой целью применяются дополнительные конденсаторы, соединенные параллельно и последовательно с основным. Первые служат для увеличения его начальной емкости, а вторые — для уменьшения его конечной емкости. Подбор величины индуктивности катушки гетеродинного контура и указанных дополнительных конденсаторов носит название «сопряжения», а дополнительные конденсаторы называются сопрягающими конденсаторами.

Схема входного контура и контура гетеродина с сопрягающими конденсаторами приведена на фиг. 2,3. На этой схеме $L_г$ — катушка контура гетеродина, $C_г$ — переменный конденсатор контура гетеродина, находящийся на одной оси с переменным конденсатором $C_к$ входного контура. $C_{пар}$ — полупеременный конденсатор, присоединенный параллельно конденсатору $C_г$, а $C_{пос}$ — конденсатор, включенный последовательно с $C_г$. В довоенной литературе $C_{пар}$ иногда называется триммером, а $C_{пос}$ — педингговым конденсатором или педингом.

Приближенный расчет индуктивности катушки гетеродинного контура и емкости сопрягающих конденсаторов можно производить по следующим формулам, выведенным применительно к указанным в начале этой главы стандартным диапазонам и для промежуточной частоты, равной 460 *кгц*.

Для длинноволнового диапазона:

$$L_{г\,(мкгн)} = 0{,}253\ L_{к\,(мкгн)}; \qquad (2,9)$$

$$C_{пар\,(пф)} = \frac{65\,283}{L_{к\ мкгн}}; \qquad (2,10)$$

$$C_{пос\,(пф)} = \frac{346\,768}{L_{к\ мкгн}}. \qquad (2,11)$$

Для средневолнового диапазона:

$$L_{г\,(мкгн)} = 0{,}596\ L_{к\,(мкгн)}; \qquad (2,12)$$

$$C_{пар\,(пф)} = \frac{2\,214}{L_{к\,(мкгн)}}; \qquad (2,13)$$

$$C_{пос\,(пф)} = \frac{87\,797}{L_{к\,(мкгн)}}. \qquad (2,14)$$

Для коротковолнового диапазона:

$$L_{к\,(мкгн)} = 0{,}951\ L_{к\,(мкгн)}; \qquad (2,15)$$

$$C_{пар\,(пф)} = \frac{1{,}51}{L_{к\,(мкгн)}}; \qquad (2,16)$$

$$C_{пос\,(пф)} = \frac{10\,535}{L_{к\,(мкгн)}}. \qquad (2,17)$$

Во всех приведенных формулах (2,9)—(2,17) $L_к$ — величина индуктивности катушки входного контура соответствующего диапазона.

2,3. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНТУРА С РАСТЯНУТЫМ ДИАПАЗОНОМ

Для облегчения настройки в коротковолновом диапазоне в современных приемниках часто применяют «растягивание» диапазона. Растягивание диапазона состоит в искусственном уменьшении перекрытия контура При этом полному повороту переменного конденсатора настройки соответствует небольшое изменение частоты настройки, вследствие чего настройка облегчается.

Существует несколько способов осуществления растянутых диапазонов. Наиболее распространенный и простой из них состоит в применении для уменьшения перекрытия дополнительных конденсаторов, присоединяемых параллельно и последовательно с переменным конденсатором настройки. По существу, это точно такой же способ уменьшения перекрытия, какой применяется в гетеродинных контурах суперов, которые должны перекрывать меньший диапазон, чем входные контуры.

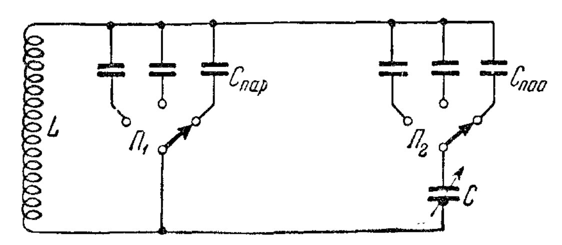
В приемниках с растянутыми коротковолновыми диапазонами обычно применяют одну катушку для всех диапазонов и столько «параллельных» и «последовательных» дополнительных конденсаторов, сколько предположено иметь растянутых диапазонов. Переход с одного растяну-

того диапазона на другой производится переключением этих дополнительных конденсаторов.

Схема такого контура приведена на фиг. 2,4. L — катушка контура, C — его переменный конденсатор. При помощи переключателя $П_1$ параллельно конденсатору настройки C может быть присоединен любой из трех дополнительных „параллельных" конденсаторов $C_{пар}$ и соответственно с этим при помощи переключателя $П_2$ последовательно с конденсатором C включается тот или иной конденсатор $C_{пос}$.

Расчет элементов такого контура ведется следующим образом.

Прежде всего по формуле (2,5) определяется величина индуктивности катушки, применительно к самому высокочастотному из растянутых диапазонов и при минимальной емкости контура C. В этой формуле значение f должно соответствовать наиболее высокой частоте выбранного диапазона.



Фиг. 2,4. Параллельные и последовательные конденсаторы в контуре гетеродина.

Затем, для каждого из растянутых диапазонов определяют минимальную и максимальную емкость по формулам:

$$C_{мин\ (пф)} = \frac{2,53 \cdot 10^{10}}{f^2_{макс\ (кгц)} \cdot L_{(мкгн)}}; \qquad (2,18)$$

$$C_{макс\ (пф)} = \frac{2,53 \cdot 10^{10}}{f^2_{мин\ (кгц)} \cdot L_{(мкгн)}}, \qquad (2,19)$$

где $f_{мин}$ и $f_{макс}$ — минимальная и максимальная частота каждого диапазона.

После этого для каждого растянутого диапазона определяются величины конденсаторов $C_{пос}$ и $C_{пар}$. Первые из них определяются по формуле:

$$C_{пос} = \frac{\Delta C\,(C + 2\,C_0) + \sqrt{[\Delta C\,(C + 2C_0)]^2 + 4\,(C - \Delta C)\,(C + C_0)\,C_0 \cdot \Delta C}}{2\,(C - \Delta C)}, \qquad (2,20)$$

где C_0 — минимальная емкость переменного конденсатора C (фиг. 2,4);
C – перекрытие переменного конденсатора C (фиг. 2,4);
ΔC — нужное перекрытие по емкости для каждого диапазона ($\Delta C = C_{макс} - C_{мин}$), а значения $C_{макс}$ и $C_{мин}$ определяются по формулам (2,18) и (2,19). Величины всех емкостей — в пикофарадах.

Параллельные емкости $C_{пар}$ определяются по формуле:

$$C_{пар} = C_{мин} - \frac{C_0 \cdot C_{пос}}{C_0 + C_{пос}}, \qquad (2,21)$$

где $C_{мин}$ — минимальная емкость данного диапазона, найденная по формуле (2,18);
C_0 — минимальная емкость переменного конденсатора C (фиг. 2,4);
$C_{пос}$ — найденная по формуле (2,20) величина „последовательного" конденсатора данного растянутого диапазона. Величины всех емкостей — в пикофарадах.

Конденсаторы $C_{пар}$ для установки начальной настройки должны быть полупеременными.

2,4. РАСЧЕТ ИНДУКТИВНОСТИ И ЧИСЛА ВИТКОВ КАТУШЕК

Расчет колебательного контура начинают с определения величины индуктивности катушек. Затем, применительно к найденной величине индуктивности определяются все конструктивные данные катушки — выбирается диаметр ее каркаса, диаметр провода, способ намотки и число витков.

Основные требования к катушкам. Катушки должны удовлетворять ряду требований, основными из которых являются следующие:

1. **Постоянство индуктивности.** Величина индуктивности катушки может изменяться при колебаниях температуры и влажности воздуха. Изменения индуктивности снижают устойчивость работы приемника. Чем выше постоянство индуктивности катушки, тем она лучше.

2. **Высокая добротность** Q. Ранее уже указывалось, что, чем выше добротность катушки, тем выше избирательность контура и больше его усиление.

3. **Минимальная величина собственной емкости.** Емкость катушки прибавляется к емкости конденсатора контура, что приводит к уменьшению перекрытия контура. Чем меньше собственная емкость катушки, тем больше перекрытие контура.

4. **Небольшие размеры,** так как от размеров катушек зависят габариты всего радиоаппарата.

Постоянство индуктивности достигается применением жестких каркасов и покрытием обмотки катушек влагозащитным составом. Возможности радиолюбителей в этом отношении ограничены, так как они не располагают обычно специальными высококачественными материалами для изготовления каркасов. Однако, доступные радиолюбителям каркасы из плотного пропарафинированного картона также достаточно хороши при условии тугой намотки и покрытия ее защитным слоем чистого парафина.

Добротность катушки зависит от многих факторов. К их числу относятся материал каркаса, его форма и размеры, диаметр провода и способ намотки, пропиточный материал и др. В радиолюбительской практике обычно применяются стандартные каркасы из плотного картона (прессшпана) с наружным диаметром около 20 *мм*. В качестве таких каркасов чаще всего применяют картонные гильзы для дробовых охотничьих ружей 16 и 12 калибра, диаметр которых соответственно 18 и 22 *мм*. Намотку катушек на этих каркасах лучше всего осуществлять следующими проводами: для длинноволнового диапазона — проводом ПЭ

0,1—0,15, для средневолнового — ПЭ или ПЭШО 0,2—0,3 или литцендратом ЛЭШО 7 × 0,07, для коротковолновых ПЭ 0,4—1,0. Намотка длинноволновых катушек применяется типа «Универсаль» или «внавал» между щечками, средневолновых — такая же или однослойная, коротковолновая — однослойная виток к витку или принудительным шагом (с небольшими интервалами между витками).

Если обмотку таких катушек покрывать очень тонким слоем пропиточного материала, то их добротность оказывается всего на 25% ниже, чем у фабричных, т. е. катушки получаются вполне доброкачественными с добротностью порядка 150—160 на длинных волнах; 100—120 на средних и 40—50 на коротких.

Минимальная собственная емкость достигается при многослойной намотке путем ее секционирования, а у однослойных — намоткой с принудительным шагом. Слишком обильная пропитка обмотки увеличивает собственную емкость. При указанных выше каркасах размеры катушек не получаются большими.

Фиг. 2,5. Однослойная цилиндрическая катушка.

Расчет однослойных катушек. Индуктивность однослойной катушки может быть с достаточной точностью вычислена по формуле:

$$L_{мкгн} = \frac{D^2{}_{см} \cdot N^2}{100\, l_{см} + 44 D_{см}}, \qquad (2,22)$$

где L — индуктивность катушки;
N — число витков;
D — средний диаметр намотки, равный диаметру каркаса плюс один диаметр провода;
l — длина намотки, равная расстоянию между центрами крайних витков.

Внешний вид такой катушки и ее размеры видны на фиг. 2,5.

Из формулы (2,22) явствует, что между индуктивностью катушки, числом витков и диаметром существует квадратичная зависимость: при изменении числа витков или диаметра катушки в 2—3 раза индуктивность изменяется соответственно в 4—9 раз. Между длиной намотки и индуктивностью существует обратная зависимость — удлинение или укорочение длины намотки вызывает соответственно уменьшение или увеличение индуктивности во столько же раз.

Все эти зависимости следует учитывать при каких-либо изменениях данных катушек.

При одном и том же числе витков увеличение длины намотки сопровождается уменьшением индуктивности, а увеличение диаметра — возрастанием индуктивности. Таким образом отношение длины намотки к ее диаметру имеет очень большое значение для величины индуктивности. Существует оптимальная величина этого отношения (при данной длине провода), при соблюдении которой будет получена катушка с наибольшей индуктивностью. Для этого диаметр намотки должен быть в 2,5 раза больше ее длины, т. е. $\frac{D}{l} = 2{,}5$ или, что то же самое, $\frac{l}{D} = 0{,}41$.

При таком соотношении можно получить при прочих равных условиях наибольшую добротность катушки, так как в этом случае для получения заданной индуктивности будет использовано наименьшее количество провода.

Однако, на практике в катушках, предназначенных для приемной аппаратуры, наивыгоднейшее отношение D к l не соблюдается, так как катушки, выполненные с его соблюдением, получаются очень громоздкими. Достаточно высокая добротность обеспечивается при $\frac{D}{l}$ около единицы или, что то же самое, при длине намотки, составляющей примерно от 0,7 D до 1,2 D.

При каркасах практически применяемых диаметров (не более 30 *мм*) соблюдение этих отношений не представляет затруднений, и расчет катушек может быть значительно упрощен. Индуктивность коротковолновых катушек такого типа рассчитывается по формуле:

$$L_{мкгн} = \frac{N^2 D_{см}}{118}, \qquad (2,23)$$

а средневолновых по формуле:

$$L_{мкгн} = \frac{N^2 D_{см}}{144}. \qquad (2,24)$$

Число витков N может быть определено по формуле:

$$N = P_1 \sqrt{L_{мкгн}}, \qquad (2,25)$$

где P_1 — коэффициент пропорциональности, зависящий от диаметра каркаса и диапазона. Его величина определяется по табл. 2,2.

Таблица 2,2

Диаметр каркаса / P_1	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5
Для средних волн	12,15	10,92	9,[illegible]8	8,93	8,49	8,09	7,58	6,93	6,42	6,0	5,65	5,38
Для коротких волн	10,9	9,95	8,9	8,12	7,71	7,34	6,78	6,28	5,83	5,45	5,14	4,88

Формула (2,25) дает возможность вычислить число витков катушки в тех случаях, когда известна ее индуктивность. Если по каким-либо причинам индуктивность катушки неизвестна, то для стандартных радиовещательных диапазонов (стр. 20) число витков катушек может быть определено по следующей формуле:

$$N \approx \frac{a \cdot P_1}{\sqrt{C_{к\,пф}}}, \qquad (2,26)$$

где C — минимальная емкость контура для диапазонов средних и длинных волн (при выведенном переменном конденсаторе) и максимальная его емкость для диапазона коротких волн (при полностью введенном переменном конденсаторе). Коэффициент P_1 берется из табл. 2,2. Коэффициент a для длинноволнового диапазона равен 397,5, для средневолнового — 106 и для коротковолнового 26,45. При изготовлении длинноволновой однослойной катушки диаметр каркаса должен быть не менее 4—5 *см*.

Когда число витков катушки определено, надо подобрать подходящий диаметр провода. Учитывая приведенные выше указания о практически применяющихся соотношениях между диаметром намотки и ее длиной, ориентировочный диаметр провода (с изоляцией) для средневолнового диапазона можно определить по формуле

$$d_{мм} = \frac{D_{мм}}{N}. \qquad (2,27)$$

Для коротковолновых катушек выбирается принудительный шаг намотки:

$$g_{мм} = \frac{0,7\ D_{мм}}{N}. \qquad (2,28)$$

В этих формулах: d — диаметр провода вместе с изоляцией;
D — диаметр каркаса;
N — число витков;
$g = 2d$ (см. фиг. 2,5).

Затем по табл. 2,3 находится подходящая марка провода. При этом следует иметь в виду, что, как указывалось выше, диаметр провода (без изоляции), предназначенного для намотки средневолновых катушек, не следует брать тоньше 0,15 и толще 0,35, а для коротковолновых тоньше 0,4 и толще 1,0 *мм*.

Выбрав провод, следует подсчитать фактическую длину намотки. Подсчет производится по формуле:

$$l_{мм} = N \cdot d_{мм} \quad \text{или} \quad l_{мм} = N \cdot g_{мм} \qquad (2,29)$$

в зависимости от способа намотки: виток к витку или принудительным шагом.

Таблица 2,3

Диаметр провода без изоляции, *мм*	Диаметр провода в изоляции		Диаметр провода без изоляции, *мм*	Диаметр провода в изоляции	
	ПЭ	ПЭШО		ПЭ	ПЭШО
0,1	0,115	0,165	0,31	0,34	0,4
0,15	0,165	0,215	0,35	0,38	0,44
0,16	0,175	0,225	0,41	0,44	0,51
0,18	0,195	0,245	0,51	0,545	0,61
0,2	0,215	0,28	0,64	0,68	0,74
0,23	0,25	0,31	0,8	0,85	0,91
0,25	0,27	0,33	1,0	1,05	1,12
0,27	0,295	0,355			

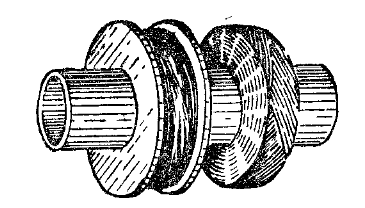
Если в наличии не окажется провода необходимого диаметра, можно взять провод ближайшего диаметра и произвести применительно к нему перерасчет числа витков по формуле:

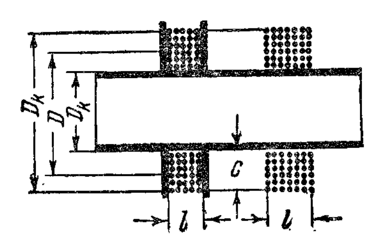
$$N_1 = N \sqrt{\frac{d_1}{d}}, \qquad (2,30)$$

где N_1 — число витков, которое придется намотать имеющимся проводом;
N — число витков, определенное по формулам (2,25) или (2,26);
d_1 — диаметр имеющегося провода;
d — нужный диаметр провода, определенный по формуле (2,27) или (2,28).

Подсчитав по формуле (2,30) нужное число витков, определяют по формуле (2,29) длину намотки, выполненную имеющимся проводом, и затем производят поверочный расчет индуктивности катушки по формуле (2,22).

Расчет многослойных катушек. Многослойная намотка всегда применяется в длинноволновом диапазоне и довольно часто в средневолновом. Индуктивность многослойной намотки всех видов (сотовой, «Универсаль», или кучевой между щечками, показанных на фиг. 2,6) может быть вычислена по следующей формуле:





Фиг. 2,6. Многослойные катушки. Слева — намотанная „внавал", справа — сотовой намотки или „Универсаль"

$$L_{мкгн} = \frac{0,08\ D^2_{см} \cdot N^2}{3D_{см} + 9b_{см} + 10c_{см}}, \qquad (2,31)$$

где D — средний диаметр катушки;
b — ширина намотки;
c — глубина намотки;
N — число витков.

Индуктивность может быть также вычислена по формуле:

$$L_{мкгн} = \frac{0,02N^2 (D_{н\ см} - D_{к\ см})^2}{6,5\ D_{н\ см} - 3,5\ D_{к\ см} + 9b_{см}}, \qquad (2,32)$$

где $D_н$ — наружный диаметр катушки, $D_к$ — диаметр каркаса, а остальные величины такие же, как в формуле (2,31).

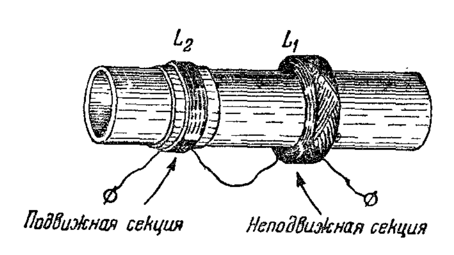
Число витков многослойной намотки определяется по формуле:

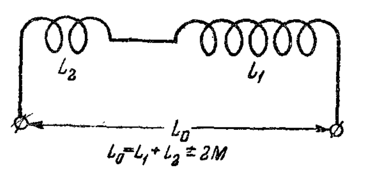
$$N = P_2 \sqrt{\frac{L_{мкгн}}{D_{н\ см}}}, \qquad (2,33)$$

где P_2 — коэффициент, зависящий от отношений $\frac{b}{D_н}$ и $\frac{c}{D_к}$ и определяемый по табл. 2,4.

Таблица 2,4

$\frac{c}{D_к}$ \ $\frac{b}{D_н}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0,1	8,6	10,2	10,5	10,7	11,3	11,6
0,2	10,4	11,2	11,8	12,4	13,0	13,2
0,3	12,4	13,6	14,1	14,9	15,8	16,0
0,4	14,9	17,2	17,9	18,2	18,6	19,6
0,5	18,2	20,0	21,3	22,4	22,6	23,6





Фиг 2,7. Подвижная секция для подстройки индуктивности.

Катушки получаются лучшими по качеству при $\frac{b}{D_н} = 0{,}2-0{,}6$, или, другими словами, когда наружный диаметр катушки в 3—5 раз больше ширины намотки, а также если $\frac{c}{D_н} = 0{,}1 - 0{,}3$, т. е. если глубина намотки составляет от 10 до 30% ее наружного диаметра.

Для намотки многослойных катушек применяют обычно каркасы диаметром от 10 до 20 *мм*; намотка выполняется проводом 0,1—0,2 или литцендратом 7×0,07 или 10×0,07. Ширина намотки b не превосходит 3 — 6 *мм*.

Самодельные катушки не выполняются точно по расчету, главным образом, из-за невозможности выдержать все размеры. Поэтому для подгонки величины индуктивности рекомендуется небольшую часть катушки (примерно 15—20% ее витков) намотать на том же каркасе в виде отдельной однослойной катушки, обеспечив возможность ее перемещения (фиг. 2,7). Общая индуктивность такой цепи определяется формулой

$$L_{общ} = L_1 + L_2 \pm 2M,$$

где L_1 — индуктивность основной (неподвижной) катушки;
L_2 — индуктивность дополнительной подвижной секции;
M — коэффициент взаимоиндукции между этими двумя катушками (см. стр. 10).

Величина взаимоиндукции зависит от расстояния между катушками, а знак — от направления витков. Плюс соответствует одинаковому на-

правлению витков катушек — минус противоположному направлению. При помощи подобной подстроечной секции общую индуктивность можно плавно изменять в пределах до 15%.

Расчет катушек выполняется в следующем порядке. Вначале рассчитывается индуктивность катушек по формуле (2,5) или по формулам (2,6)—(2,8), или же по табл. 2,1. Затем по формуле (2,25) определяется число витков коротковолновых катушек. По этой же формуле рассчитывается и число витков средневолновых катушек, если они однослойные. После этого по формулам (2,27) и (2,28) производится определение диаметра провода и шага намотки и по формуле (2,29) определяется длина намотки этим проводом. В заключение по формуле (2,22) производится проверочный расчет.

Число витков многослойных катушек, т. е. длинноволновых и иногда средневолновых, определяется по формуле (2,33).

Приведенные способы расчета индуктивностей катушек верны для катушек без экранов. Экранирование уменьшает индуктивность катушек тем больше, чем меньше диаметр экрана отличается от диаметра катушки. Поэтому в зависимости от диаметра экрана индуктивность катушки приходится в той или иной мере увеличивать. Помещенная ниже табл. 2,5 дает возможность определить требуемое увеличение индуктивности катушки.

Таблица 2,5

$\frac{D_э}{D_к}$	3	2,8	2,6	2,4	2,2	2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,25
K	3	4	5	7	9	12	17	24	36	45	50

В этой таблице $D_э$ — диаметр экрана, $D_к$ — диаметр катушки в одинаковых единицах, K — уменьшение индуктивности катушки в процентах. Из таблицы, например, видно, что если диаметр экрана в полтора раза больше диаметра катушки, то индуктивность катушки уменьшается примерно на 30%. Поэтому, чтобы диапазон контура не изменился, необходимо соответственно увеличить индуктивность катушки.

Из таблицы следует также, что если диаметр экрана в 2,5—3 раза больше диаметра катушки, то уменьшением индуктивности можно пренебречь. Экраны для катушек выполняются из меди, алюминия или латуни.

Катушки с сердечниками. В радиоприемных устройствах широко применяются катушки с сердечниками из магнетита, карбонильного железа, альсифера. Применение сердечников позволило получить катушки с большой добротностью даже для коротковолновых контуров. Для точной подстройки контуров сердечники делают передвижными, что позволяет удобно и в широких пределах изменять индуктивность катушек.

Величина индуктивности катушки при введении сердечника зависит от рода сердечника и геометрических размеров катушки и сердечника. Обычные цилиндрические сердечники позволяют получать изменение индуктивности до 50%.

Глава третья

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

3,1. КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАДИОПРИЕМНОЙ АППАРАТУРЫ

Для оценки качества радиоприемников и облегчения сравнения однотипных приемников выработан ряд качественных показателей, которые в целом всесторонне характеризуют приемник.

В число этих качественных показателей, называемых иногда параметрами или характеристиками приемников, входят следующие показатели.

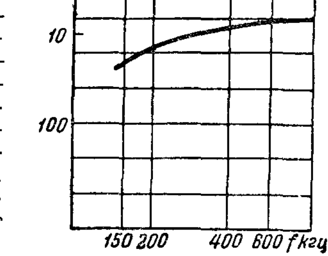
Выходная мощность. Под выходной мощностью приемника понимается электрическая мощность звуковой частоты, отдаваемая приемником громкоговорителю, т. е. звуковая электрическая мощность в выходной цепи приемника. Выходная мощность приемника выражается в ваттах или в вольтамперах, мощность батарейных приемников выражается иногда в милливаттах (милливольтамперах). При определении выходной мощности принимается во внимание мощность, которую приемник отдает при определенном минимуме искажений, почему ее и называют иногда «неискаженной мощностью». Так как величина искажений характеризуется коэффициентом нелинейных искажений, то величина выходной мощности связывается с определенной величиной этого коэффициента. Если нет специальных оговорок, то указываемая в паспорте приемника выходная мощность относится к коэффициенту, не превышающему 10%. Если мощность отнесена к меньшему коэффициенту нелинейных искажений, то это обязательно оговаривается.

Выходная мощность современных батарейных приемников колеблется в пределах примерно от 100 до 500 *мвт* (0,1—0,5 *вт*), составляя в большинстве случаев около 200 *мвт*. Мощность сетевых приемников равняется в большинстве случаев 2—3 *вт*, колеблясь примерно, от 0,5 *вт* (маломощные приемники для местного приема) до 5—6 *вт* (мощные приемники и радиолы). Для сравнения можно указать, что мощность, отдаваемая детекторным приемником при средней громкости, составляет миллионные доли ватта, а мощность, отдаваемая обычным граммофоном, в переводе на электрические единицы, составляет около 0,2 *вт*, т. е. примерно равна мощности среднего батарейного приемника.

Отдаваемую приемником электрическую мощность не следует смешивать с акустической мощностью, т. е. с мощностью звуковых колебаний, развиваемых громкоговорителем. Так как к. п. д. громкоговорителей очень мал, — колеблется в среднем около 1%, то отдаваемая приемником акустическая мощность примерно в сто раз меньше указываемой в паспортах электрической мощности.

Чувствительность. Чувствительность приемника характеризует его способность принимать слабые сигналы, т. е. способность принимать отдаленные станции. Чувствительность приемника определяется отношением напряжения, развиваемого в его выходной цепи, к напряжению, подведенному к его входу (зажимам антенна — земля). Величина выходного напряжения зависит от типа примененного в приемнике громкоговорителя (высокоомного или низкоомного).

Чувствительность выражается в микровольтах и показывает, сколько микровольт надо подвести ко входу приемника, чтобы приемник отдал на выходе условную нормальную мощность — 0,1 своей максимальной неискаженной мощности. Чувствительность приемника не остается одинаковой по диапазону и изменяется в соответствии с изменением величины усиления высокочастотных каскадов. Обычно кривая чувствительности имеет вид, показанный на фиг. 3,1. Форма кривой и величина изменения чувствительности по диапазону зависит от характеристики контуров и от частоты.



Фиг. 3,1. Кривая чувствительности приемника по диапазону.

Средняя чувствительность радиовещательных приемников приведена в табл. 3,1.

Таблица 3,1

Средняя чувствительность радиовещательных приемников

Диапазон	Чувствительность, *мкв*		
	Приемники третьего класса	Приемники второго класса	Приемники первого класса
Длинные волны	300	200	50
Средние	300	200	50
Короткие	500	300	50

Чувствительность современных приемников может быть доведена до нескольких микровольт, но существующий уровень индустриальных и атмосферных помех не позволяет реализовать такую высокую чувствительность.

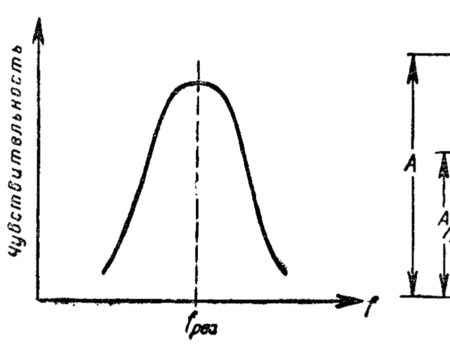
Избирательность. Избирательность приемника характеризует его способность выделять сигналы принимаемой станции и отсеивать сигналы всех других станций, т. е. способность приемника отстраиваться от мешающих станций. Избирательность зависит от числа настроенных резонансных контуров приемника и их качества. Представление об избирательности приемника дает его резонансная характеристика, показывающая зависимость величины чувствительности приемника от частоты сигнала при неизменной его настройке (фиг. 3,2).

Очень часто избирательность приемников характеризуют не кривой, а просто цифрами, показывающими ослабление сигнала при определенной расстройке от резонанса. Обычно величина ослабления указывается для частот, отстоящих на 10—20, а иногда и больше килогерц от резонансной частоты. Чем больше величина ослабления, тем выше будет избирательность приемника. Так как каждая радиовещательная станция занимает в эфире полосу частот приблизительно в 8—10 *кгц*, то на частоте, отличающейся на 10 *кгц* от частоты какой-нибудь станции, может

работать другая станция. Эта отличающаяся на 10 *кгц* частота, называется частотой соседнего канала. У приемников второго класса ослабление на частоте соседнего канала должно составлять не меньше 20, а у приемников высокого класса — не менее 50.

Избирательность приемников иногда характеризуется также шириной полосы пропускания. Этот показатель характеризуется расстоянием между точками резонансной кривой, соответствующим уменьшению чувствительности в два раза.

В случае, показанном на фиг. 3,3, эта полоса соответствует 10 *кгц*. Для хорошей работы приемника желательно, чтобы кривая резонансной характеристики имела небольшое спадание в пределах пропускания нужной полосы частот (примерно 5 *кгц*) и сильное спадание при дальнейшей расстройке.



Фиг. 3,2. Резонансная кривая, показывающая зависимость чувствительности приемника от частоты сигнала.

Фиг. 3,3. Полоса частот, пропускаемых приемником.

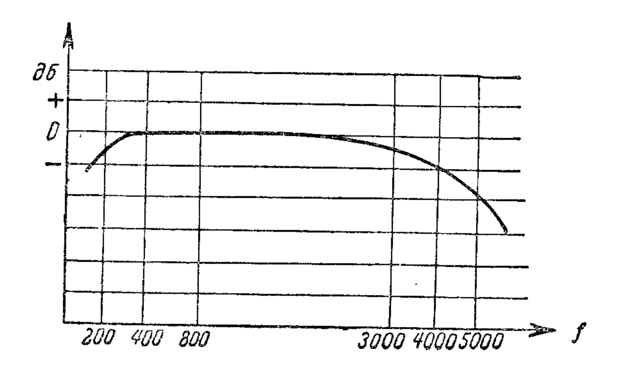
Избирательность по зеркальному каналу. Каждый супергетеродинный приемник кроме станции, на которую он настроен, может принимать еще одну, отличающуюся по частоте от принимаемой на удвоенную промежуточную частоту. Этот второй канал называют зеркальным или симметричным. Чтобы избежать помех приему со стороны станции, работающей на частоте зеркального канала, чувствительность приемника на этой частоте должна быть снижена по крайней мере в несколько десятков раз. При промежуточной частоте 465 *кгц* на длинных и средних волнах такое ослабление обеспечивается легко, но в коротковолновом диапазоне оно получается обычно не больше, чем в 4—5 раз. Чем выше промежуточная частота, тем большее ослабление получается по зеркальному каналу.

Частотная характеристика. Частотная характеристика показывает, насколько равномерно усиливаются приемником различные звуковые частоты, обычно эта характеристика относится лишь к усилителю низкой частоты приемника.

Типичная частотная характеристика приемника приведена на фиг. 3,4. Чем ближе она к прямой, тем естественнее воспроизведение звукового сигнала. Обычно спадание кривой усиления наблюдается в области самых высоких и самых низких частот. Нормальная частотная характеристика должна быть достаточно прямолинейна в пределах примерно от 70 до 5 000—7 000 *гц*. Уменьшение усиления на краях этой полосы по сравнению с усилением на частоте 400 *гц* должно быть не больше, чем в два раза.

Кривая верности. Кривая верности представляет частотную характеристику всего приемника, начиная от антенного входа и кончая входными зажимами громкоговорителя. Кривая верности обычно отличается от частотной характеристики более или менее сильным спадом в области высоких звуковых частот. Желательно, чтобы уменьшение усиления в два раза начиналось на частотах не ниже 4 000 — 4 500 *гц*.

Коэффициент нелинейных искажений определяет содержание дополнительных гармоник, возникающих вследствие искажений основной частоты. В основном эти гармоники обуславливаются нелинейностью ламповых характеристик. Опытами установлено, что ухо почти не замечает искажений в тех случаях, когда процент содержания гармоник не превосходит 5%.



Фиг. 3,4. Типичная частотная характеристика приемника.

Характеристика АРЧ. Характеристика АРЧ (автоматической регулировки чувствительности) показывает, насколько эффективна работа АРЧ, в какой степени она способна поддерживать постоянство выходной мощности приемника при изменении силы сигнала на входе. У супергетеродинных приемников второго класса АРЧ должна обеспечивать изменение напряжения на выходе приемника не больше, чем в 3—4 раза при изменении напряжения на входе в 1 000 раз (обычно от 100 *мкв* до 100 000 *мкв*).

Вместо термина АРЧ иногда применяется термин АРГ — автоматическая регулировка громкости.

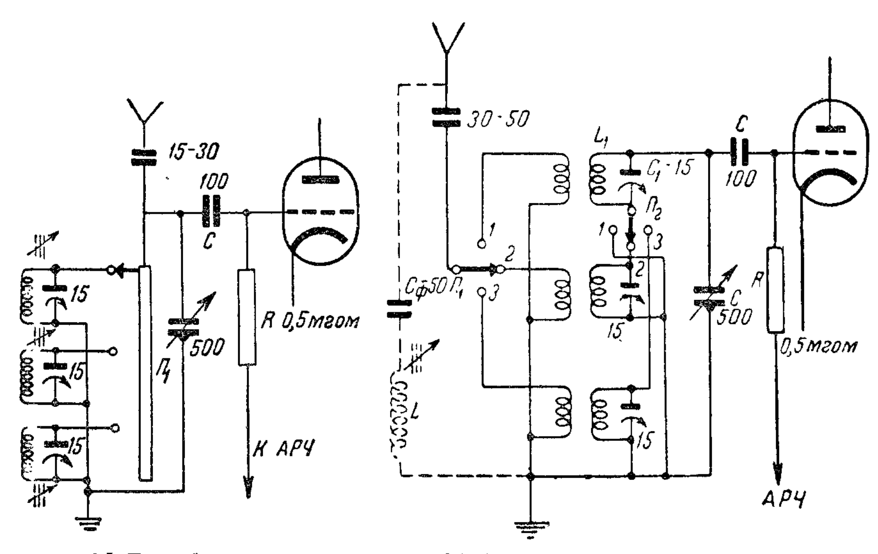
Коэффициент фона. Коэффициентом фона называется отношение напряжения фона на выходе приемника к напряжению сигнала. Обычно считается допустимым коэффициент фона порядка 1—2% при напряжении сигнала, соответствующем условной нормальной выходной мощности.

Характеристики приемников по звуковому давлению. Эти характеристики показывают звуковое давление, развиваемое громкоговорителем приемника во всей полосе звуковых частот.

Основными параметрами приемников является мощность, чувствительность, избирательность по зеркальному каналу и клирфактор. Обычно в паспортах приемников приводятся именно эти данные. Характеристики работы АРЧ, кривые верности, коэффициент фона и характеристики по звуковому давлению приводятся значительно реже.

3,2. ВХОДНЫЕ ЦЕПИ

Входные цепи современных приемников редко делаются сложными. Антенна обычно присоединяется через конденсатор небольшой емкости порядка 15—30 *пф* (фиг. 3,5)[1]. Для каждого диапазона волн в большинстве случаев применяется отдельная катушка. Катушки при помощи переключателя $П_1$ присоединяются к переменному конденсатору и сетке лампы. В каждом контуре имеется свой подстроечный конденсатор емкостью около 15 *пф*, служащий для подстройки контура в резонанс с контурами следующей лампы приемника. Кроме подстроечных конденсаторов, для той же цели в катушках контуров применяются, как уже было указано

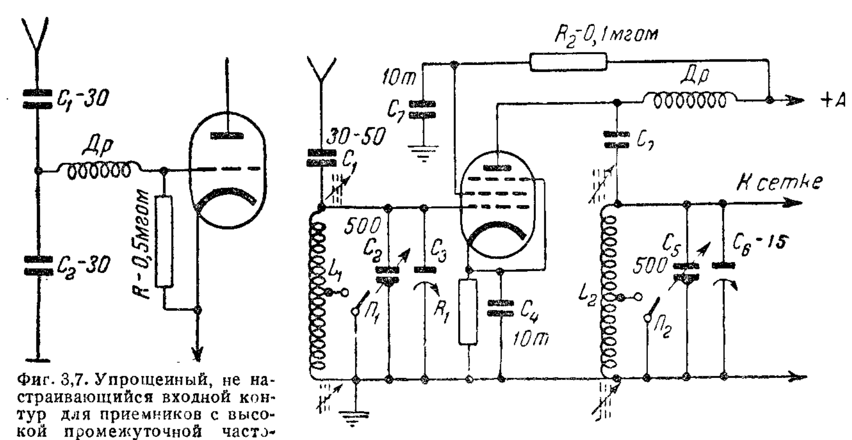


Фиг. 3,5. Простейшая входная цепь приемника.

Фиг. 3,6. Индуктивная связь антенны со входом приемника.

выше, выдвижные сердечники. Конденсатор *C* не обязателен. При его наличии сопротивление *R* служит для подачи на управляющую сетку лампы напряжения АРЧ. Без конденсатора *C* напряжение АРЧ может подаваться прямо через контурные катушки, которые в этом случае заземляются через конденсатор в 5—10 тыс. *пф*.

Часто применяется индуктивная связь антенны со входным контуром приемника (фиг. 3,6). Она обладает некоторыми преимуществами по сравнению с емкостной связью. Во-первых, при индуктивной связи несколько меньше сказываются индустриальные помехи при приеме на небольшие комнатные антенны и, во-вторых, подбором величины индуктивности антенной катушки можно достигать увеличения чувствительности приемника в начале или в конце диапазона. Если собственная частота антенной катушки больше самой высокой частоты диапазона контура, чувствительность приемника будет возрастать по мере укорочения волны. Если же собственная частота антенной катушки ниже самой низкой частоты настройки контура, то чувствительность будет возрастать в сторону длинноволнового края настройки контура и уменьшаться по мере увеличения частоты настройки. Выбор антенной катушки зависит от того, в какой части диапазона надо получить большую избирательность. В большинстве случаев выгоднее применять антенную катушку с собственной частотой, лежащей на 25—30% ниже наименьшей частоты



Фиг. 3,7. Упрощенный, не настраивающийся входной контур для приемников с высокой промежуточной частотой.

Фиг. 3,8. Типовая схема каскада усиления высокой частоты.

настройки входного контура. Расчет контуров для данного случая приведен в главе 2,1. Контуры различных диапазонов обычно включаются при помощи переключателя по очереди. Но иногда применяются и другие способы их включения. Например, на фиг. 3,6 показано часто применяющееся и дающее хорошие результаты включение коротковолнового контура L_1 C_1 между цепью сетки лампы и переключателем $П_2$. При такой схеме этот контур остается включенным при работе и на других диапазонах, не оказывая на их работу вредного влияния. Зато в коротковолновом диапазоне такое включение способствует уменьшению паразитной емкости (отсутствует емкость переключателя), вследствие чего расширяется перекрываемый диапазон.

Иногда на входе приемников включают фильтр для отсева сигналов, частота которых равна промежуточной частоте приемника или близка к ней. Наиболее распространены для этой цели фильтры типа, показанного на фиг. 3,6 пунктиром, состоящие из последовательно соединенных катушки *L* и конденсатора $C_ф$. Такая цепь представляет для ее резонансной частоты короткое замыкание. Точная настройка фильтра при регулировке приемника производится выдвижным сердечником катушки. Схема фиг. 3,6 является простой, но очень хорошей схемой входной части трехдиапазонного супера — наиболее распространенного современного приемника. Можно также применить «фильтр-пробку», т. е. включенный

---

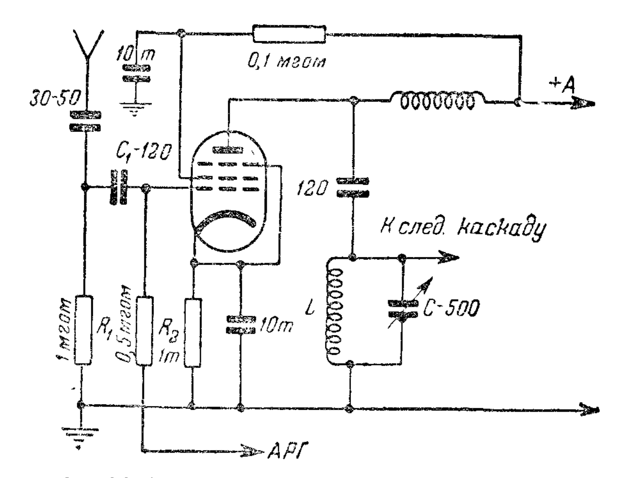
[1] В Справочнике приняты следующие обозначения на чертежах цифровых значений величин емкости и сопротивлений:

а) Цифры, обозначающие сопротивления в омах, не сопровождаются никакими обозначениями; цифры, обозначающие сопротивления в мегомах, сопровождаются обозначениями *мгом*.

б) Цифры, обозначающие емкости в пикофарадах (микромикрофарадах), не сопровождаются никакими обозначениями; цифры, сопровождающие емкости в микрофарадах, сопровождаются обозначениями *мкф*.

последовательно в цепь антенны контур, состоящий из параллельно соединенных катушки и конденсатора.

В последнее время получают распространение супергетеродинные приемники упрощенного типа с ненастраивающимся входом и высокой промежуточной частотой. Для настройки в таких приемниках применяется один переменный конденсатор в контуре гетеродина. Входная часть таких приемников изображена на фиг. 3,7. Высокочастотный дроссель *Др* служит для отсева сигналов зеркальных каналов, которые в этих приемниках лежат в области промежуточных или коротких волн, и пропускает частоты, соответствующие средним и длинным волнам. Он состоит примерно из 150 витков провода 0,2, намотанных на каркас диаметром 10 *мм*. Конденсатор C_2 (емкостью 25—30 *пф*) служит для этой

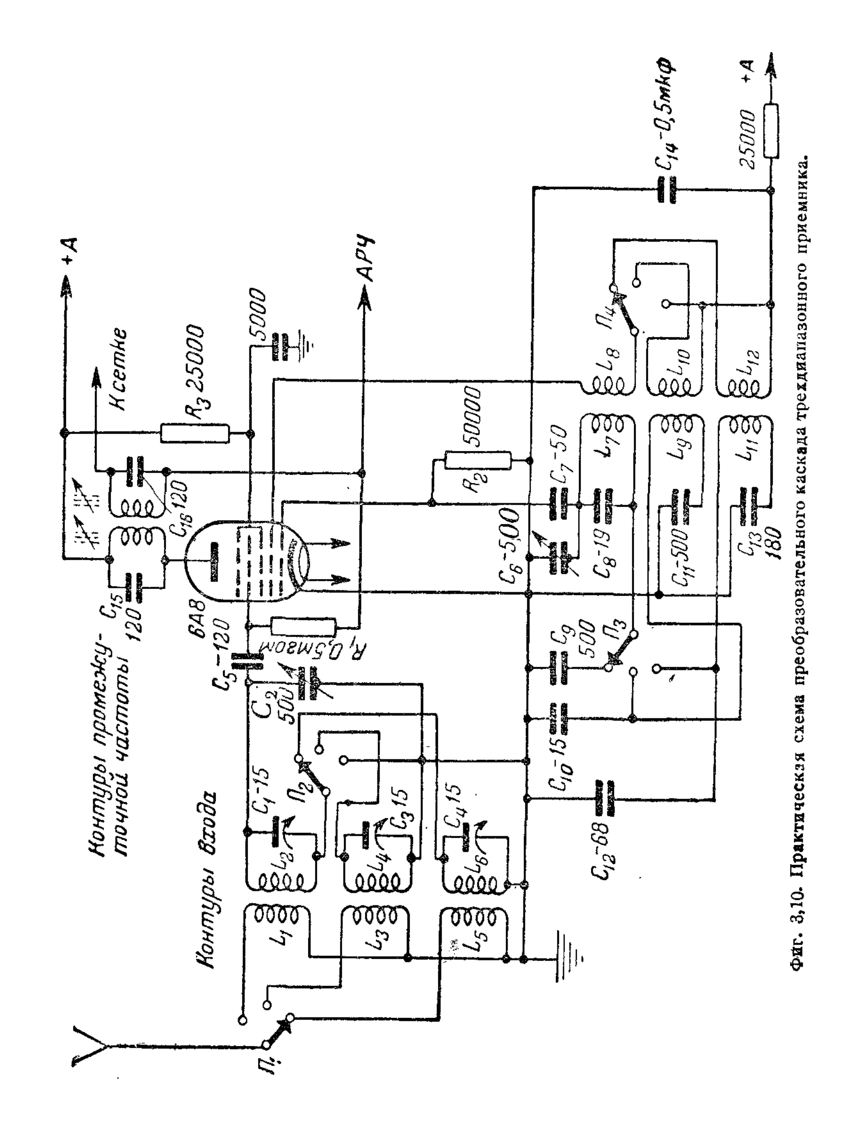


Фиг. 3,9. Апериодический усилитель высокой частоты.

же цели. Для частот, соответствующих зеркальным каналам такая емкость является почти коротким замыканием, для частот же более низких ее сопротивление велико. При приеме коротких волн дроссель и конденсатор C_2 отсоединяются. Сопротивление *R* является обычной утечкой сетки.

Приемники прямого усиления обычно строятся только на два диапазона, поэтому их входные цепи проще. Устройство входного контура приемника прямого усиления показано на фиг. 3,8. Длинноволновые части катушек при переключении на средневолновой диапазон обычно замыкаются накоротко (переключатели $П_1$ и $П_2$). Настройки сеточного и анодного контуров при любых положениях переменных конденсаторов C_2 и C_5 должны совпадать. Для обеспечения такого совпадения настройки в начале диапазона применяются подстроечные конденсаторы C_3 и C_6, а в конце диапазона — выдвижные сердечники катушек. Усилители высокой частоты собираются в большинстве случаев по схеме параллельного питания, показанной на фиг. 3,8, т. е. с дросселем высокой частоты *Др* в анодной цепи лампы.

В супергетеродинных приемниках, в случае применения усиления высокой частоты, что бывает довольно редко, сохраняется построение схемы фиг. 3,8, но устройство и число контуров выбираются в соответ-

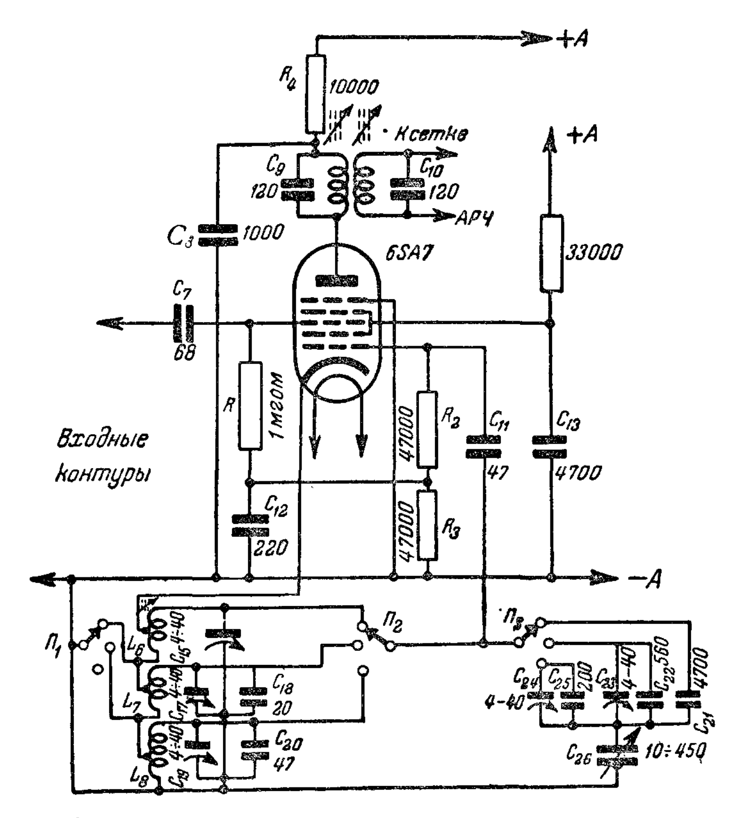


Фиг. 3,10. Практическая схема преобразовательного каскада трехдиапазонного приемника.

ствии с диапазонами приемника. В последнее время выявляется стремление осуществлять усиление высокой частоты в суперах без настраивающегося входа, т. е. апериодическое усиление, применяя в усилителе лампы с очень большой крутизной, например, лампы типа 6АС7. Апериодический каскад с такой лампой дает достаточно большое усиление, не усложняя в то же время приемник. Одним из основных преимуществ применения усилителя высокой частоты является увеличение в благоприятную сторону отношения уровня сигнала к уровню собственных шумов приемника. Обычная схема такого усилителя показана на фиг. 3,9. Настраивающийся контур в анодной цепи рассчитывается в соответствии с диапазонами приемника.

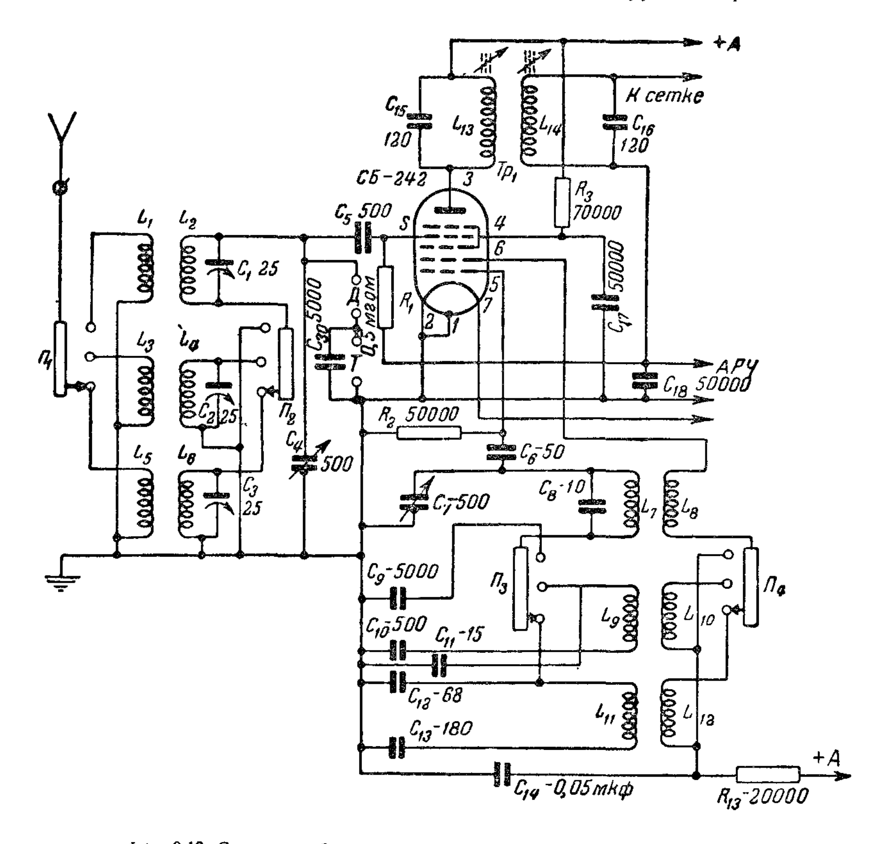
3,3. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ

Преобразовательные каскады в супергетеродинных приемниках служат для преобразования частоты сигнала в промежуточную частоту. Для этой цели в гетеродинной части каскада генерируется вспомогательная



Фиг. 3,11. Типичная схема преобразовательного каскада с лампой 6SA7 (приемник „Москвич").

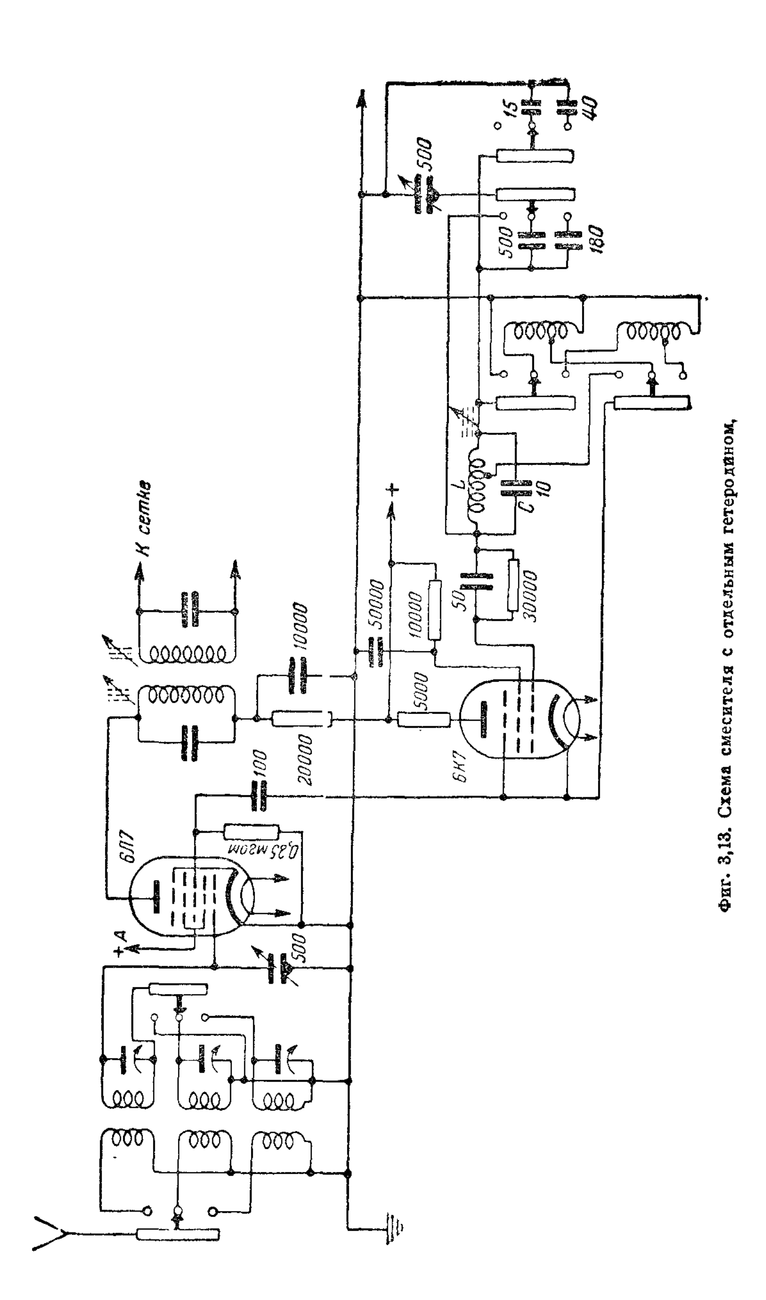
частота, биения которой с частотой сигнала образуют промежуточную частоту. Таким образом, преобразователь выполняет две функции—генерирует вспомогательную частоту и смешивает ее с частотой сигнала. В анодной цепи преобразователя находится контур, настроенный на



Фиг. 3,12. Схема преобразовательного каскада батарейного приемника.
Д—гнезда включения детектора; *Т*—гнезда для телефона (при приеме на детектор при отсутствии питания).

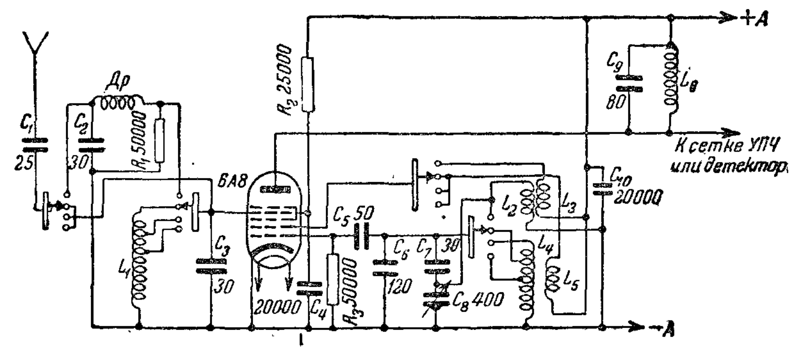
промежуточную частоту. В большинстве случаев обе функции преобразовательного каскада выполняются одной сложной лампой. Наиболее распространенной у нас лампой этого типа является лампа 6А8. Практическая схема преобразовательного каскада трехдиапазонного приемника с такой лампой приведена на фиг. 3,10.

Преобразовательная лампа 6А8 в новейших приемниках постепенно вытесняется лампой 6SA7 (или однотипной с ней 6А10), дающей лучшие результаты, в особенности в диапазоне коротких волн. Схема типичного преобразовательного каскада с лампой 6SA7 приведена на фиг. 3,11 (схема приемника «Москвич»).

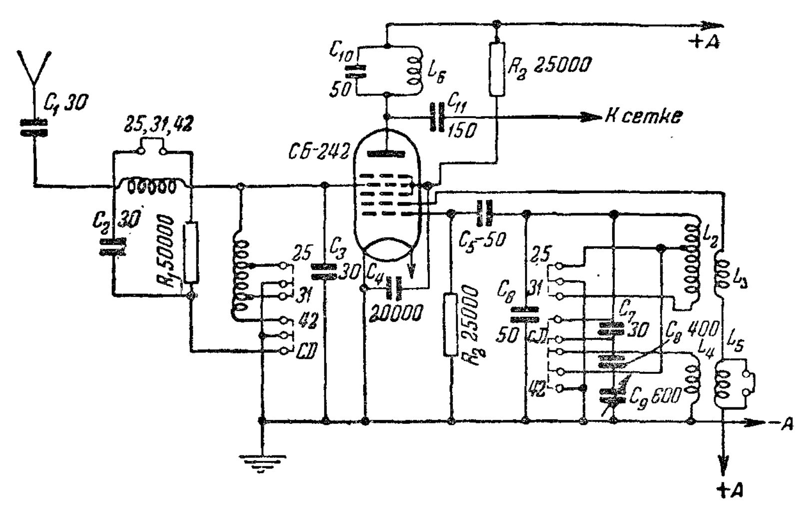


Фиг. 3,13. Схема смесителя с отдельным гетеродином.

Схемы преобразователей батарейных приемников по существу ничем не отличаются от схем сетевых приемников. В качестве примера на фиг. 3,12 приведена схема преобразователя с батарейной лампой типа СБ-242. Эта схема относится тоже к трехдиапазонному приемнику и хорошо зарекомендовала себя.



Фиг. 3,14. Схема преобразовательного каскада на общий средне-длинноволновый диапазон и три коротковолновых поддиапазона.



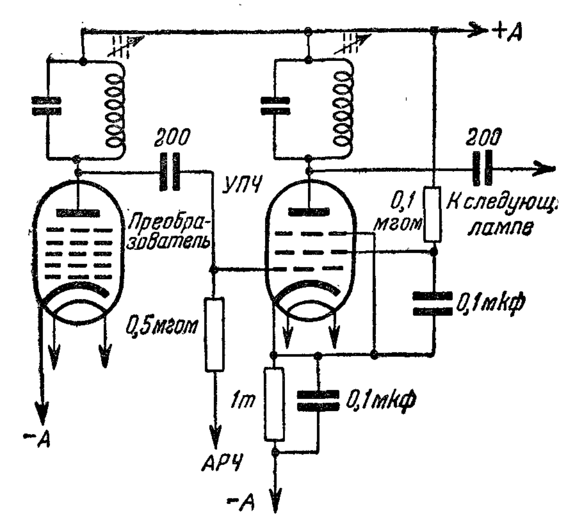
Фиг. 3,15. Схема, подобная схеме фиг. 3,14, но для лампы СБ-242.

Схемы с отдельными гетеродинами применяются в настоящее время не так часто, так как современные преобразовательные лампы достаточно хорошо совмещают функции смесителя и гетеродина. В качестве иллюстрации схемы с отдельным гетеродином на фиг. 3,13 приведена схема преобразовательного каскада с лампой 6Л7 в качестве смесителя и лампой 6К7 в качестве гетеродина. В этой схеме коротковолновый гетеродинный контур, так же как и соответствующий входной контур, не отсоединяются при переключении приемника на другие диапазоны.

В приемниках с высокой промежуточной частотой, называемых инфрадинными, обычно делается один общий средне-длинноволновый диапазон и несколько коротковолновых растянутых. Эти приемники сравнительно просты, легко строятся и налаживаются и работают вполне удовлетворительно. На фиг. 3,14 приведена схема преобразовательного каскада инфрадинного сетевого приемника с лампой 6А8, а на фиг. 3,15— с лампой СБ-242 для батарейного приемника. Промежуточная частота в подобных приемниках берется обычно порядка 1 800—2 000 *кгц*.

3,4. УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ И ДЕТЕКТОРЫ

Усилители промежуточной частоты. Усилители промежуточной частоты в современных приемниках не отличаются разнообразием схем. В приемниках, не рассчитанных на особо высокую избирательность,

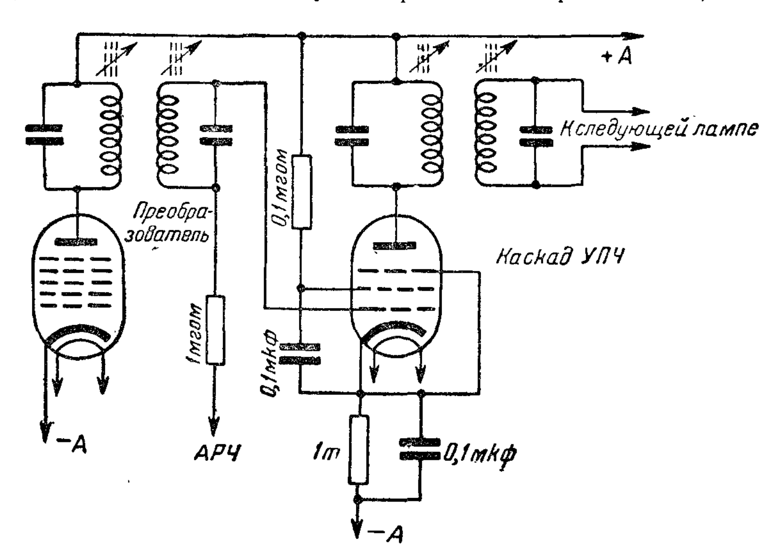


Фиг. 3,16. Усилитель промежуточной частоты с одиночными настроенными контурами.

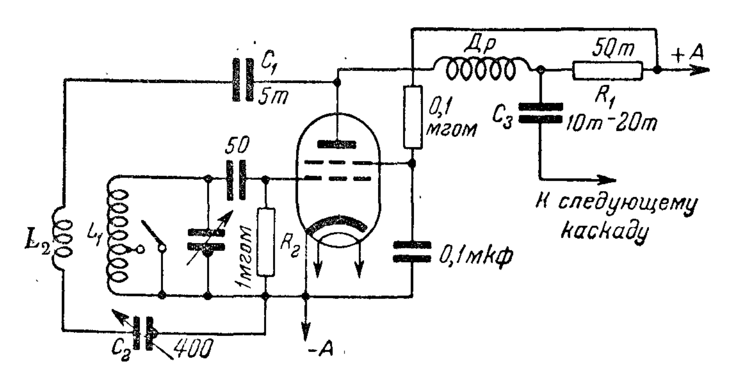
применяются одноконтурные усилители. Связь с сеткой следующей лампы (или с диодным детектором) осуществляется через постоянный конденсатор. Типичная схема такого каскада изображена на фиг. 3,16. Подобные схемы распространены в фабричной и в радиолюбительской аппаратуре. Точная настройка контуров промежуточной частоты производится сердечниками и значительно реже — подстроечными конденсаторами. О расчете контуров см. стр. 22 и 19.

Более сложные усилители промежуточной частоты содержат два настроенных контура, связанных в полосовой фильтр. Схема такого усилителя приведена на фиг. 3,17. В подавляющем большинстве приемников применяется один каскад усиления промежуточной частоты. В случае применения двух каскадов они бывают в большинстве случаев совершенно одинаковые.

Детекторные каскады. В современных приемниках применяются почти исключительно два вида детекторных схем: с сеточным детектированием и с диодным детектированием. При сеточном детектировании в подавляющем большинстве случаев применяется обратная связь, значи-



Фиг. 3,17. Усилитель промежуточной частоты с полосовым фильтром (трансформатор промежуточной частоты). Может быть применен трансформатор от приемников 6Н-1, „Салют", 6Н-25 и т. д.



Фиг. 3,18. Детекторный каскад приемника прямого усиления (сеточное детектирование).

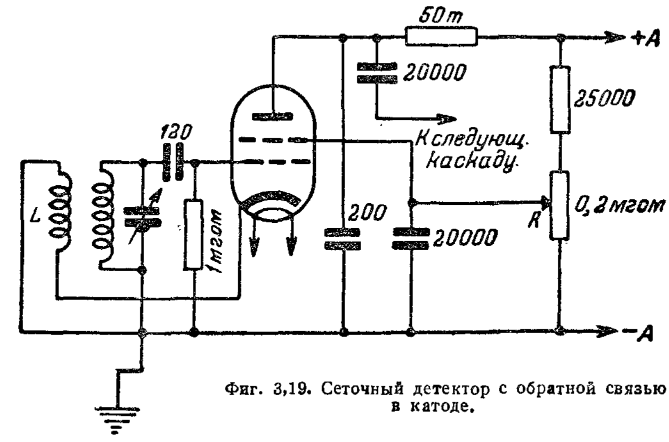
тельно увеличивающая величину усиления каскада. Схема детекторного каскада с обратной связью в приемниках прямого усиления почти стандартна (см. фиг. 3,18). Детекторной лампой служит обычно экранированная лампа или высокочастотный пентод. Нагрузкой для высокой частоты в анодной цепи лампы является дроссель *Др*, нагрузкой для звуко-

вых частот служит сопротивление R_1. Связь с последующим каскадом осуществляется через конденсатор C_3. Реже применяется трансформаторная связь. Цепь обратной связи состоит из разделительного конденсатора C_1, катушки обратной связи L_2 и переменного конденсатора C_2, служащего для регулировки обратной связи.

Сеточное детектирование нередко применяется и в малоламповых супергетеродинных приемниках.

Детекторные каскады супергетеродинных приемников с сеточным детектированием ничем не отличаются от соответствующих каскадов приемников прямого усиления. Обратная связь в этом случае подается на контур промежуточной частоты. Если в цепи промежуточной частоты применен полосовой фильтр, то катушка обратной связи наматывается между катушками фильтра, обычно точно посередине между ними.

Катушка обратной связи может быть включена не только в цепь анода, но и в цепь катода, а регулировка может производиться пере-

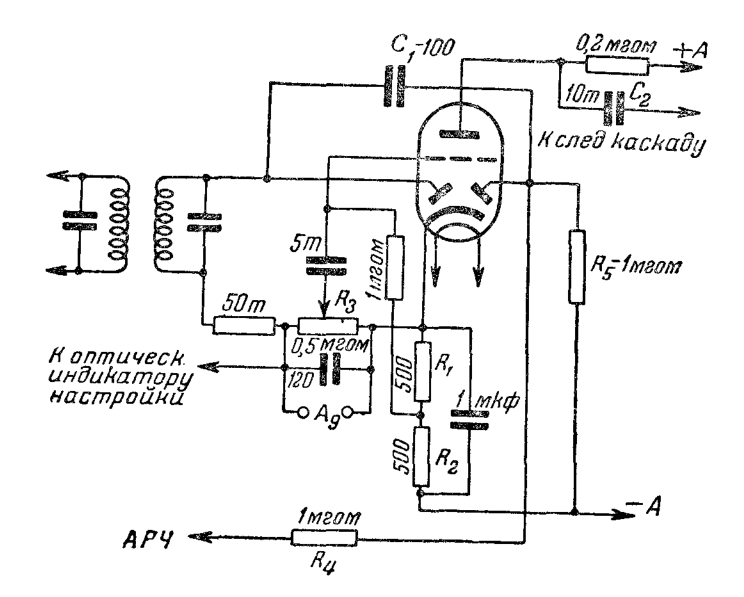


Фиг. 3,19. Сеточный детектор с обратной связью в катоде.

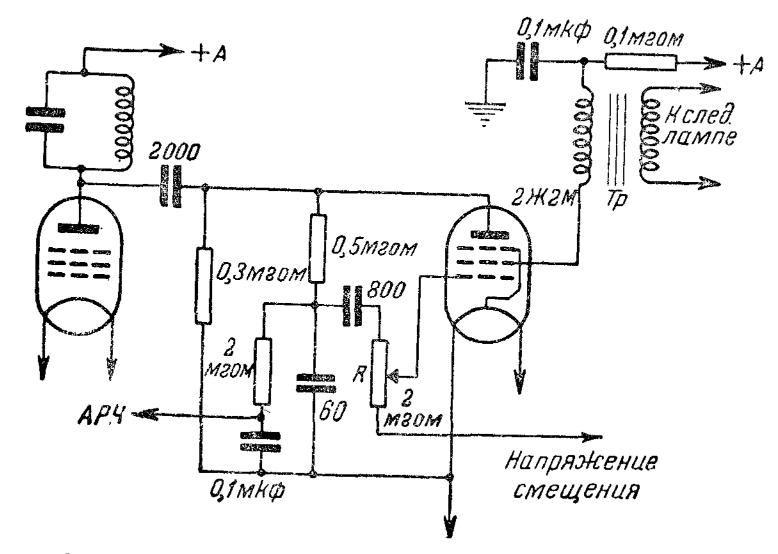
менным сопротивлением вместо переменного конденсатора. Такая схема приведена в качестве примера на фиг. 3,19. Здесь L — катушка обратной связи, обратная связь регулируется изменением напряжения на экранной сетке лампы потенциометром R.

Если в приемнике применяется нерегулируемая (постоянная) обратная связь, то схема каскада принципиальных изменений не претерпевает. В этом случае в схеме фиг. 3,18 вместо переменного конденсатора C_2 применяется полупеременный конденсатор, емкость которого устанавливается применительно к желаемой величине обратной связи, а в схеме фиг. 3,19 величина постоянной обратной связи подбирается потенциометром, составленным из двух постоянных сопротивлений, аналогично схеме включения сопротивлений в 25 000 *ом* и 0,2 *мгом*.

В суперах с числом ламп от четырех и больше обычно применяется диодное детектирование. Типичная схема детекторного каскада с диодным детектированием приведена на фиг. 3,20. В качестве детектора работает двойной диод-триод, например, 6Г7. Такие лампы применяются наиболее часто. В комплекте подогревных ламп имеется самостоятельный двойной диод (6Х6), но его используют реже. В случае применения отдельной диодной лампы схема принципиально не изменяется. Переменное сопротивление R_3 в схеме фиг. 3,20 является регулятором громкости. Парал-



Фиг. 3,20. Схема детекторного каскада супера с диодным детектором



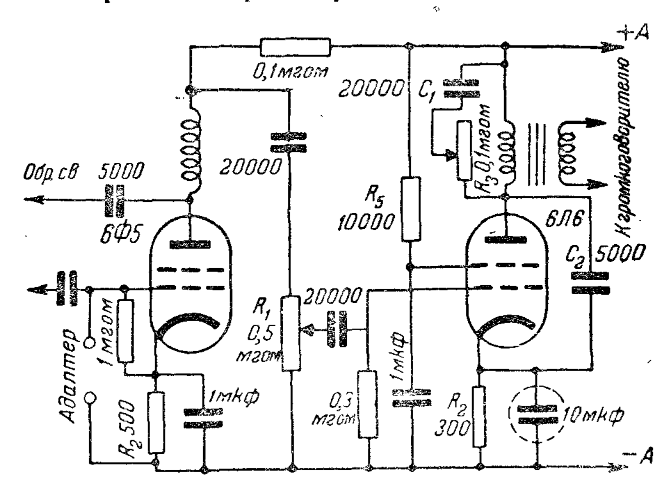
Фиг. 3,21. Детекторный каскад батарейного супера (приемник „Родина").

лельно ему присоединяются гнезда *Ад* для граммофонного адаптера. С этого же сопротивления снимается напряжение, подающееся на оптический индикатор настройки, если таковой в приемнике имеется. В схеме применена также автоматическая регулировка чувствительности (АРЧ) задержанного типа, нашедшего преимущественное распространение. Левый диод лампы служит для детектирования, правый — для управления цепью АРЧ. Напряжение промежуточной частоты подается на правый диод через конденсатор C_1. За счет падения напряжения в сопротивлениях R_1 и R_2 на этот диод подается постоянное отрицательное смещение, определяющее напряжение «задержки». АРЧ начинает действовать только после того, как напряжение сигнала превысит напряжение задержки. Подбор величин сопротивлений R_1 и R_2 выполняется с учетом получения необходимых величин напряжения смещения на сетке триодной части лампы и задержки.

В батарейных суперах иногда применяют пентод 2Ж2М, используя его анод и катод как диод для детектирования, а управляющую и экранную сетки как триод для предварительного усиления низкой частоты. Схема такого использования лампы 2Ж2М приведена на фиг. 3,21 (схема приемника «Родина»). В усилителе промежуточной частоты, как это в большинстве случаев делается в таких приемниках, применен один контур. Связь детекторной лампы с последующей — трансформаторная. Сопротивление R служит регулятором громкости. Напряжение отрицательного смещения на управляющую сетку — около 2 *в* — подается от батарейки или от сопротивления. В схеме имеется цепь автоматической регулировки чувствительности.

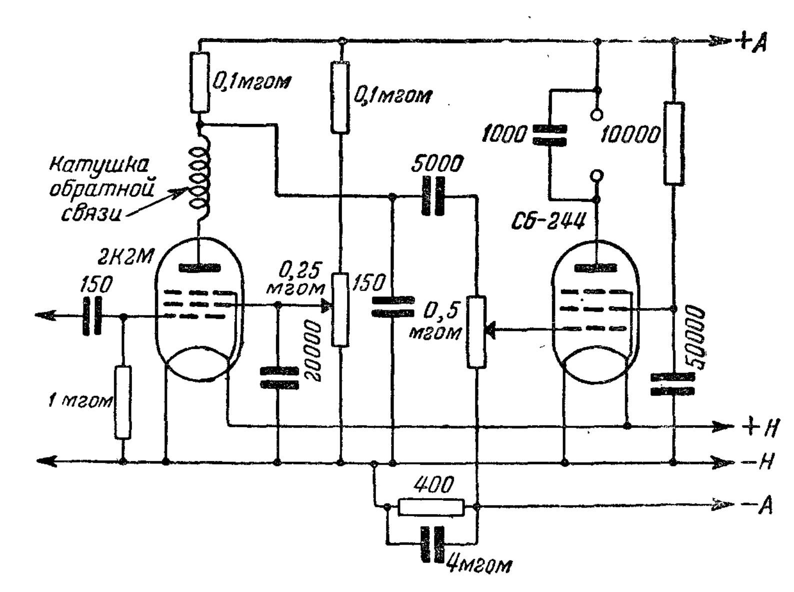
3,5. УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ. ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ. ИНВЕРТЕРЫ

Усилители низкой частоты в современных приемниках довольно разнообразны. В приемниках прямого усиления в большинстве случаев



Фиг. 3,22. Схема выходного каскада приемника прямого усиления.

после сеточного детектора следует непосредственно выходная лампа. Типичная схема такого выходного каскада с лампой 6Л6 приведена на фиг. 3,22. Сопротивление R_1 является регулятором громкости. Адаптер присоединяется к сетке детекторной лампы, причем при работе от элек-



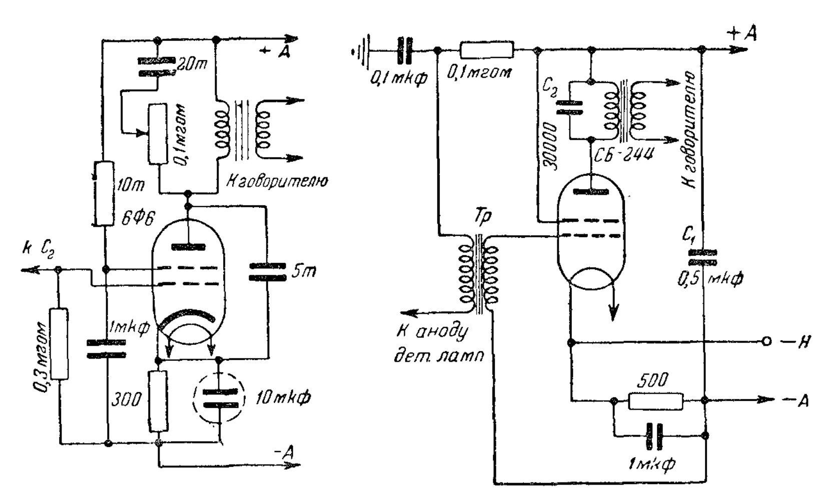
Фиг. 3,23. Схема усилителя низкой частоты батарейного приемника прямого усиления.

тромагнитного адаптера на сетку детекторной лампы подается отрицательное смещение за счет падения напряжения на сопротивлении R_2. Переменное сопротивление R_3 и конденсатор C_1 составляют цепь регулятора тона. Конденсатор C_2 служит для устранения самовозбуждения. Если в выходном каскаде применяется лампа 6П3, то все данные остаются без изменения. При применении ламп 6Ф6 или 6V6 сопротивление смещения должно быть увеличено до 400 *ом*, все остальные детали остаются прежними. Оконечный каскад батарейного приемника с лампой СБ-244 на выходе приведен на фиг. 3,23. Перед лампой СБ-244 включен детекторный каскад с лампой 2К2М или 2Ж2М. Обратная связь регулируется изменением напряжения на экранной сетке.

Выходные каскады, подобные приведенным на фиг. 3,22 и 3,23, применяются и в супергетеродинных приемниках с сеточным детектированием. В супергетеродинных приемниках с диодным детектированием применяются по крайней мере два каскада усиления низкой частоты. В большинстве случаев первым каскадом усиления низкой частоты является триодная часть комбинированной детекторной лампы — диод-триода, т. е. сетевой лампы 6Г7 или лампы 2Ж2М, используемой как диод-триод по схеме фиг. 3,21. В качестве примера на фиг. 3,24 приведен оконечный каскад с лампой 6Ф6 (6П3, 6Л6, 6V6), который следует после диод-триода в схеме фиг. 3,20. Все данные деталей соответственно такие же, как на фиг. 3,22.

На фиг. 3,25 изображен оконечный каскад с лампой СБ-244, который может следовать после лампы 2Ж2М в схеме фиг. 3,21. Для ясности на фиг. 3,25 повторен трансформатор низкой частоты *Тр*, который имеется и в схеме фиг. 3,21. Конденсатор C_2 служит для подбора тембра. Иногда применяется и переменная цепь регулировки тона, аналогичная цепи R_3—C_1 на фиг. 3,22. Конденсатор C_1 (фиг. 3,25) всегда применяется в батарейных приемниках для блокировки анодной батареи, сопротивление которой по мере ее высыхания увеличивается, что может привести к самовозбуждению приемника. Конденсатор C_1 страхует от этого неприятного явления.

В тех случаях, когда в приемнике применена отдельная диодная лампа, усилитель низкой частоты состоит по крайней мере из двух каскадов, схема первого из которых повторяет, по существу, схему включения триодной части комбинированной детекторной лампы — диод-триода. В качестве примера на фиг. 3,26 приведена схема, представляющая собой соединение триодной части схемы фиг. 3,20 и оконечного каскада фиг. 3,24. Числовые величины деталей этой схемы такие же, как и в схемах фиг. 3,20 и 3,24. В целях получения большей мощности напряжение на экранную сетку выходной лампы очень часто подается полностью. В этом случае цепочка R_1— C_1 не нужна. Эта схема может употребляться также и для постройки отдельного усилителя, например, для проигрывания граммпластинок.



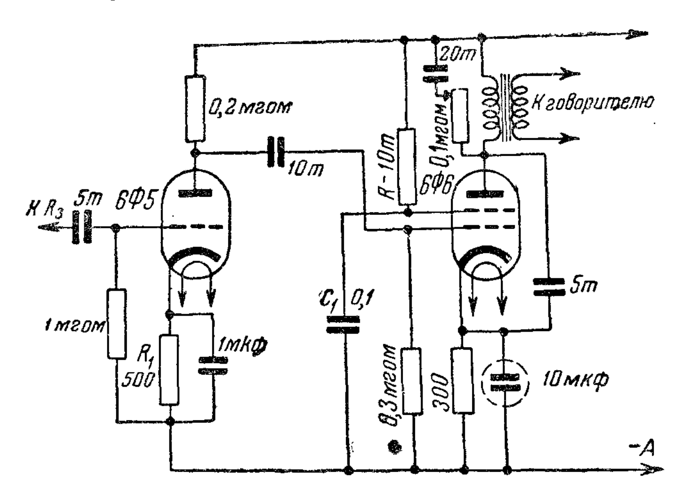
Фиг. 3,24. Оконечный каскад простого супера после предварительного усилителя на лампе 6Г7.

Фиг. 3,25. Оконечный каскад батарейного супера.

Отрицательная обратная связь. В современных приемниках находит широкое применение отрицательная обратная связь. Принцип отрицательной обратной связи состоит в подаче из анодной цепи усилительного каскада в его сеточную сеть напряжения с обратной фазой, что приводит к уменьшению нелинейных искажений и фона переменного тока, а также используется для частотной коррекции.

Существует много способов подачи отрицательной обратной связи. Простейший способ,— практически почти не употребляющийся,— сводится к отключению блокировочного конденсатора от катодного сопротивления, с которого подается отрицательное смещение на сетку лампы (фиг. 3,27). На катодном сопротивлении R_1, не заблокированном конденсатором, получается падение напряжения звуковой частоты, которое через утечку R_2 и подается на сетку лампы с обратной фазой. Величина R_1 зависит от типа лампы.

Одна из часто применяющихся схем отрицательной обратной связи приведена на фиг. 3,28. Напряжение из анодной цепи каскада через



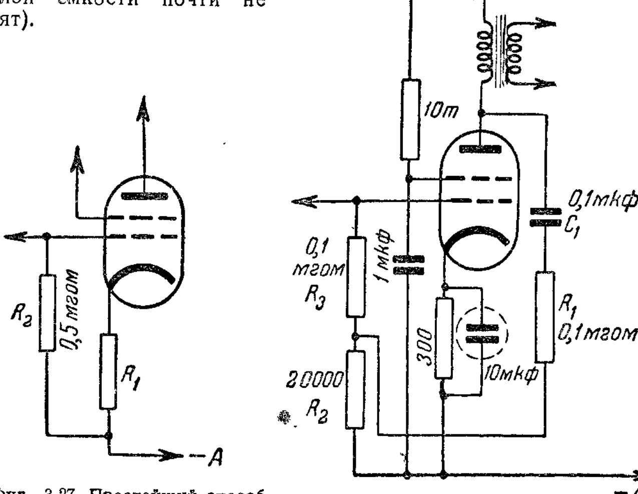
Фиг. 3,26. Двухкаскадный усилитель низкой частоты. Первая лампа—триодная часть лампы 6Г7.

постоянный конденсатор C_1 и сопротивление R_1 подается в цепь сетки этого каскада через среднюю точку между сопротивлениями R_2 и R_3. Наиболее употребительные величины деталей обозначены на схеме; подбором их можно изменять величину отрицательной обратной связи. Так, например, с увеличением R_2 отрицательная обратная связь возрастает.

Другой очень распространенный способ подачи отрицательной обратной связи показан на фиг. 3,29. В этой схеме анодная цепь второй лампы связывается с цепью сетки через сопротивления R_2 и R_1, последнее из которых блокировано конденсатором *С*. Подбором величины емкости конденсатора *С* можно регулировать тембр воспроизведения, а подбором величины сопротивлений — глубину отрицательной обратной связи. Иногда присоединение конденсатора *С* осуществляется с помощью переключателя, что позволяет скачком изменять тембр воспроизведения: при отсоединенном конденсаторе *С* относительное количество высоких звуковых частот увеличивается. Схемы фиг. 3,28 и 3,29 (в особенности последнюю) легко использовать в готовых приемниках, не имеющих отрицательной обратной связи, так как их осуществление почти не сопряжено с переделками приемника.

На фиг. 3,30 приведена хорошая схема двух каскадов усиления низкой частоты с двумя цепями отрицательной обратной связи.

Первая отрицательная обратная связь подается из вторичной обмотки выходного трансформатора Tp в цепь управляющей сетки первой лампы через конденсатор C_1 и сопротивление R_1. Величина отрицательной обратной связи подбирается изменением величины сопротивления R_2, а желательный тембр — подбором величины емкости C_2. Вторая цепь отрицательной обратной связи используется в этой схеме для регулировки тембра. Она осуществляется цепью $C_3 — R_3$. Сопротивление R_3 является одновременно утечкой сетки второй лампы. При передвижении движка переменного сопротивления R_3 к верхнему на схеме краю срезаются высокие звуковые частоты (низкие частоты через конденсатор C_3 малой емкости почти не проходят).



Фиг. 3,27. Простейший способ подачи отрицательной обратной связи (сопротивление R_1 не заблокировано емкостью).

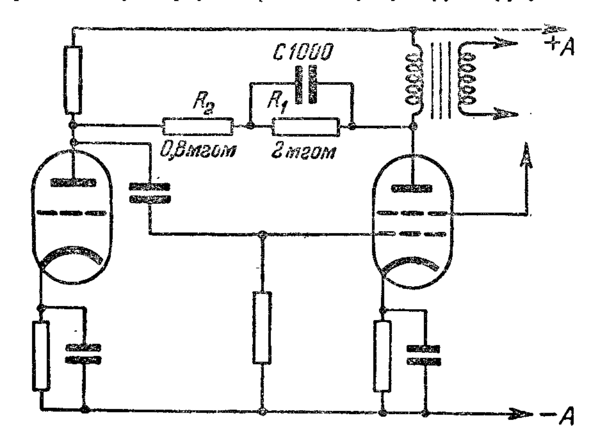
Фиг. 3,28. Часто встречающаяся схема отрицательной обратной связи в выходном каскаде.

Двухтактные усилительные каскады. В выходных каскадах большинства современных приемников работает одна лампа, но в некоторых случаях, когда нужна повышенная выходная мощность, а в наличном ассортименте ламп нет подходящей по мощности лампы,— применяют двухтактные (пушпульные) выходные каскады с двумя лампами. Двухтактный каскад отдает удвоенную мощность по сравнению с однотактным. Помимо увеличенной выходной мощности двухтактные каскады при хорошем их выполнении обеспечивают более естественное воспроизведение. Объясняется это в значительной степени тем, что в двухтактных каскадах отсутствует постоянное подмагничивание выходного трансформатора и уничтожаются четные гармоники.

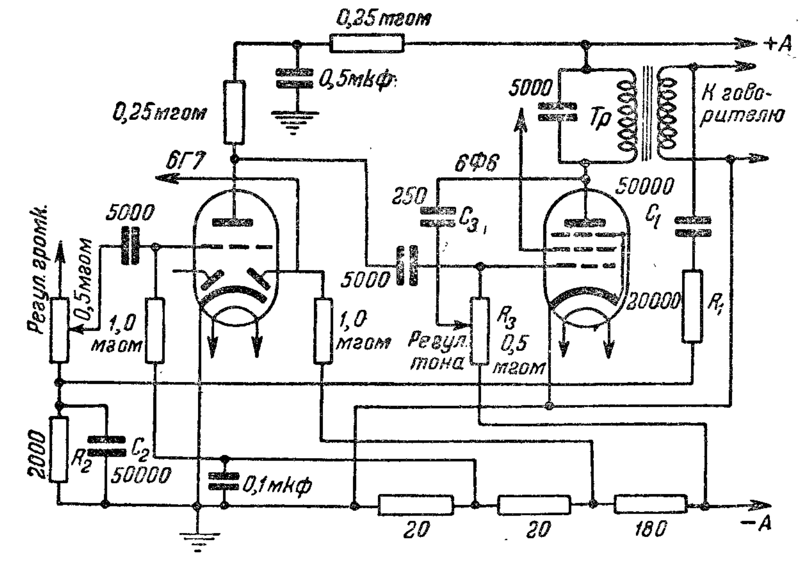
В определенных режимах работы двухтактные выходные каскады дают также возможность значительно уменьшить расход энергии на питание анодных цепей выходного каскада, что весьма важно для батарейных приемников. Срок службы анодной батареи зависит, главным образом, от величины анодного тока ламп оконечного каскада.

Схема двухтактного каскада в общем виде показана на фиг. 3,31. Входной трансформатор T_1 имеет вторичную обмотку со средней точкой.

Концы этой обмотки соединяются с сетками выходных ламп, а средняя точка — с их катодами. У выходного трансформатора T_2 разделена на две части первичная обмотка, ее концы соединяются с анодами ламп, а средняя точка — с плюсом источника анодного тока. Как показывают стрелки, анодные токи обеих ламп направлены в первичной обмотке вторичного трансформатора навстречу друг другу, чем и объяс-



Фиг. 3,29. Простой способ устройства отрицательной обратной связи в готовых приемниках, не имевших отрицательной обратной связи.

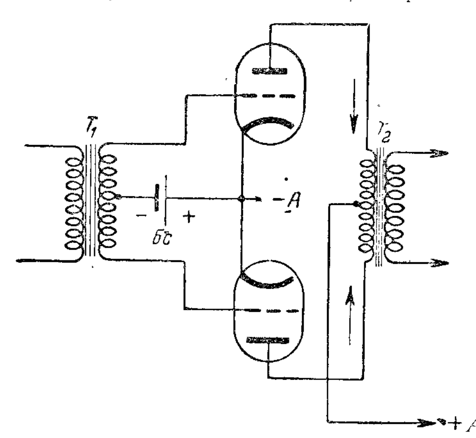


Фиг. 3,30. Схема усилителя низкой частоты с двумя цепями отрицательной обратной связи.

няется отсутствие постоянного подмагничивания сердечника трансформатора.

Режим работы двухтактного каскада зависит, главным образом, от величины отрицательного смещения на сетках ламп. В зависимости от режима работы усилители разделяются на несколько типов, обычно называемых классами усиления.

Режим класса А соответствует такой величине отрицательного смещения на сетках ламп, при котором рабочая точка находится на середине прямолинейного участка левой части характеристики лампы. Работа в режиме класса А характерна высокой естественностью воспроизведения, но малым к. п. д., так как обе лампы потребляют анодный ток все время.



Фиг. 3,31. Схема двухтактного каскада в общем виде.

Режим класса В соответствует такой величине отрицательного сеточного смещения, при котором начальная рабочая точка находится у подножия характеристики лампы. При отсутствии сигнала анодный ток равен нулю, а при поступлении сигнала ток проходит в течение одной половины каждого периода. Поэтому режим класса В в однотактном каскаде неосуществим. В двухтактном каскаде класса В лампы работают поочередно: одну половину периода первая лампа, вторую половину — другая лампа. Работа в режиме класса В характерна резкими изменениями величины тока, потребляемого от источника анодного напряжения. Если этот источник обладает большим внутренним сопротивлением (например, кенотронный выпрямитель), то броски анодного тока будут вызывать колебания анодного напряжения, что приведет к искажениям. Поэтому питание усилителей класса В осуществляют от источников с малым внутренним сопротивлением, например, от мощных кенотронных выпрямителей, газотронных выпрямителей, гальванических батарей или аккумуляторов.

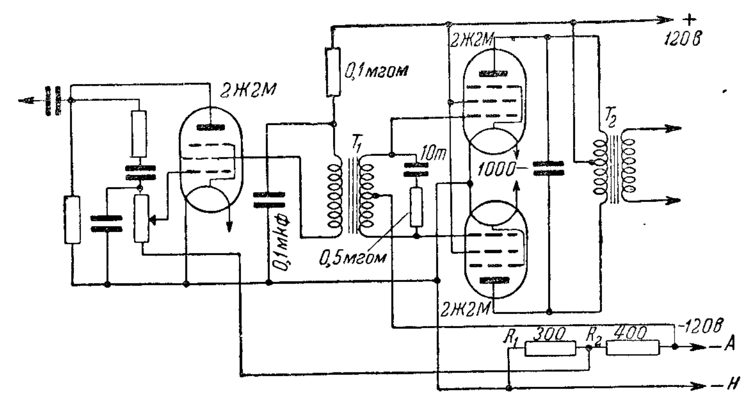
Режим класса АВ является промежуточным между режимами А и В. При работе в режиме АВ отрицательное смещение на сетки ламп подается такой величины, что рабочие точки ламп находятся между началом характеристик и серединой прямолинейного участка. Работа в режиме класса АВ характеризуется несколько большим к. п. д., чем работа в режиме А и соответственно несколько меньшей естественностью.

Режим класса АВ в свою очередь подразделяется на два подкласса: AB_1 и AB_2. При работе в первом из них не допускается «раскачка» такой величины, чтобы при наибольшей амплитуде сигнала возникали сеточные токи. При работе в режиме класса AB_2 возникают сеточные токи. Для «раскачки» усилителя, работающего в режиме AB_2, нужен достаточно мощный каскад предварительного усиления. Такой каскад часто называется предоконченным усилителем, или драйвером.

В сетевых приемниках, где потребление энергии для питания анодных цепей не имеет существенного значения, может быть применен любой режим работы усилителя. В батарейных же приемниках, где уменьшение потребления энергии весьма важно, чаще всего применяют усиление класса В, обеспечивающее минимальное расходование анодного тока.

Двухтактный выходной каскад батарейного приемника приведен на фиг. 3,32. В двухтактном и предварительном каскадах работают лампы 2Ж2М. При анодном напряжении 120 *в* и указанных на схеме величинах сопротивлений смещения R_1 и R_2 двухтактный каскад работает в режиме класса В.

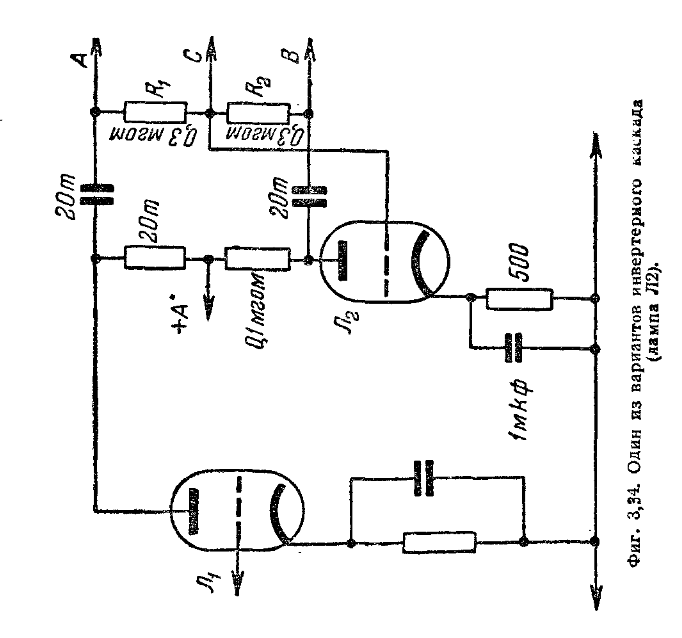
Инвертеры. В схемах фиг. 3,31 и 3,32 переход от предварительного усилителя низкой частоты к оконечному каскаду осуществляется при



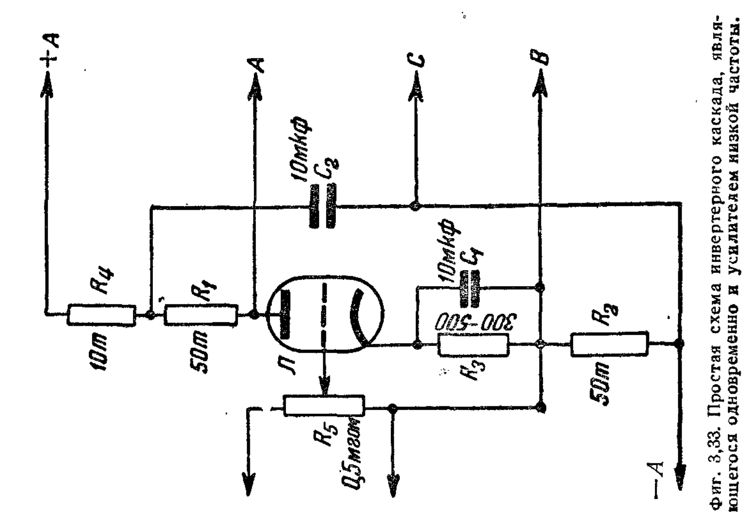
Фиг. 3,32. Двухтактный выходной каскад батарейного приемника, работающий в классе В (приемник „Родина").

помощи трансформатора, имеющего отвод от середины вторичной обмотки. Такой трансформатор нужен для подачи на сетки ламп двухтактного каскада напряжения в противоположных фазах. Однако, применение трансформатора не всегда желательно, так как он занимает много места, тяжел, дорог и при плохом выполнении может явиться источником искажений. Трансформаторные схемы применяются обычно в батарейных приемниках, где приходится экономить анодное напряжение. В сетевых же приемниках все чаще применяют специальные схемы, позволяющие осуществить переворачивание фазы без трансформатора. Такие схемы получили название фазоинверсных или просто инверсных, а каскады, осуществляющие переворачивание фазы, называют инвертерными каскадами или инвертерами.

Одна из простых инверсных схем приведена на фиг. 3,33. В этой схеме анодная нагрузка инвертерной лампы *Л* состоит из двух сопротивлений R_1 и R_2, первое из которых находится в цепи анода лампы, а второе в цепи ее катода. Если проследить направление тока в этих сопротивлениях, то нетрудно убедиться в том, что полярность точек *А* и *В* относительно точки *С* всегда будет противоположна. Точки *А* и *В* соединяются с сетками ламп двухтактного каскада, а точка *С* — с их катодами. В этом случае напряжения, подводимые к сеткам ламп двухтактного каскада, будут всегда находиться в противофазе. Для нормальной работы двухтактного каскада эти напряжения должны быть равны по величине, что достигается соответствующим подбором элемен-

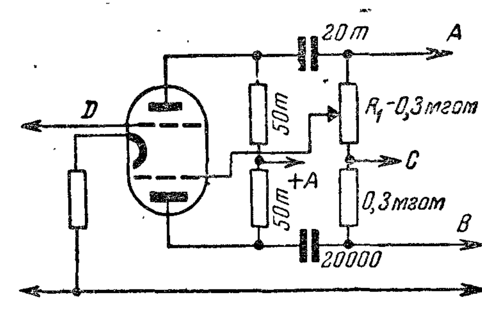


Фиг. 3,34. Один из вариантов инвертерного каскада (лампа Л2).



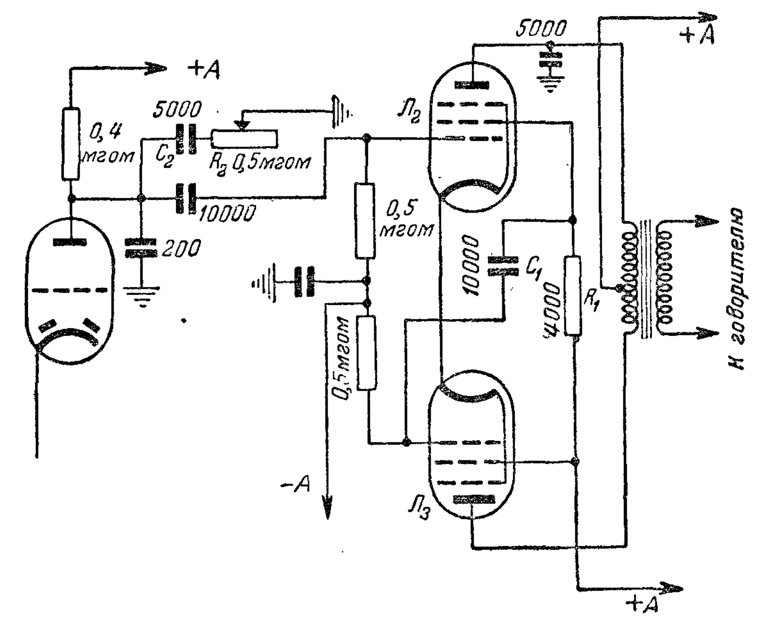
Фиг. 3,33. Простая схема инвертерного каскада, являющегося одновременно и усилителем низкой частоты.

тов схемы. В частности, сопротивления R_1 и R_2 должны быть одинаковы. Емкости конденсаторов C_1 и C_2 должны быть не менее 4—6 *мкф* каждая, в противном случае будет сказываться влияние сопротивлений R_3 и R_4 и равенство выходных напряжений может быть нарушено.



Фиг. 3,35. Инвертерная схема с двойным триодом.

Приведенная на фиг. 3,33 схема характерна тем, что инвертерная лампа не только используется для переворачивания фазы, но и дает известное усиление. Существует ряд инверсных схем, в которых инвертерная лампа выполняет только функцию перевертывания фазы. Одна из таких схем представлена на фиг. 3,34. Лампа $Л_1$ является усилительной, лампа $Л_2$ — инвертерной. Напряжение на сетку одной из ламп



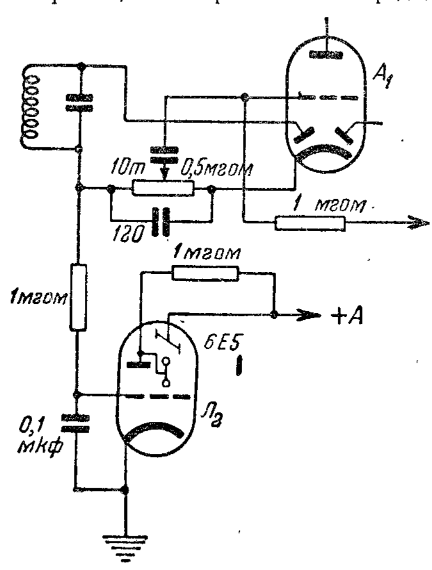
Фиг. 3,36. Схема подачи „перевернутого" напряжения из цепи экранных сеток ламп двухтактного каскада (приемник 7Н-27).

двухтактного каскада подается из анодной цепи лампы $Л_1$ (точка A). Напряжение на сетку второй лампы двухтактного каскада подается из анодной цепи инвертерной лампы $Л_2$ (точка B). Это напряжение нахо-

дится в противофазе с напряжением в точке A относительно точки C. Равенство напряжений, существующих между точками $A-C$ и $B-C$, достигается подбором сопротивлений R_1 и R_2, с которых снимается напряжение на сетку лампы $Л_2$. В качестве инвертера применяются также сдвоенные лампы, обычно двойные триоды (батарейный триод СО243 и сетевой 6Н7). Инвертерная схема с двойным триодом показана на фиг. 3,35. Напряжение от предыдущего каскада усиления низкой частоты подается на сетку верхнего триода (точка D). Напряжение на сетку второго триода подается с потенциометра R_1. При этом напряжения, развивающиеся между точками $A-C$ и $B-C$, находятся в противофазе и могут быть переданы в цепь сеток ламп двухтактного каскада (точки A и B соединяются с сетками ламп двухтактного каскада, а точка C — с их катодами или цепью минуса).

Равенство напряжений между точками $A-C$ и $B-C$ достигается регулировкой потенциометра R_1, при помощи которого можно изменять величину напряжения на сетке нижнего триода.

Распространен также способ подачи «перевернутого» напряжения из цепи экранных сеток ламп двухтактного каскада. Такая схема приведена на фиг. 3,36. Напряжение из анодной цепи лампы предварительного усиления низкой частоты $Л_1$ обычным способом подается на сетку лампы $Л_2$ двухтактного каскада. Из цепи экранной сетки этой лампы напряжение, находящееся в противофазе с напряжением на ее управляющей сетке, через конденсатор C_1 подается на управляющую сетку лампы $Л_3$. Необходимая величина этого напряжения достигается подбором сопротивления R_1. Лампа $Л_1$ — типа 6Г7, лампы $Л_2$ и $Л_3$ — типа 6Ф6. Цепь R_2-C_2 является регулятором тембра.



Фиг. 3,37. Схема присоединения индикатора настройки.

3,6. ИНДИКАТОРЫ НАСТРОЙКИ

Для облегчения настройки в приемниках применяются электроннолучевые индикаторы, иногда называемые «магическим глазом». Таким индикатором является лампа 6Е5. Схема включения индикатора настройки приведена на фиг. 3,37. Индикатор присоединяется к цепи диодного детектора. Все величины деталей в цепях индикатора указаны на фиг. 3,37. Способ присоединения индикатора стандартен.

Глава четвертая

РАДИОДЕТАЛИ И ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

4.1. СОПРОТИВЛЕНИЯ

Сопротивления различных типов являются важнейшими деталями радиоаппаратуры, применяемыми в больших количествах. Основными параметрами, характеризующими сопротивления, являются: 1) номинальная величина, 2) допустимая мощность рассеяния, 3) стабильность (независимость величины сопротивления от внешних воздействий и условий работы), 4) собственные шумы.

Сопротивления, применяемые в радиоаппаратуре, весьма разнообразны, их величины находятся в пределах от долей ома до десятков миллионов ом.

Величины сопротивлений до 999 *ом* выражаются в омах (*ом*, Ω) сопротивлений от 1 000 до 99 000 *ом* — в тысячах *ом* (тыс. *ом*, т Ω), или в килоомах (*ком*, kΩ), сопротивлений от 100 000 *ом* и больше — в мегомах (*мгом*, MΩ).

Допустимой мощностью рассеяния называется мощность, выделяющаяся в сопротивлении и нагревающая его до температуры, не опасной для материала, из которого оно изготовлено. У проволочных сопротивлений наибольшая допустимая температура лежит в пределах от 100 до 300° Ц, непроволочных — 50—70° Ц. Мощность, выделяющаяся в сопротивлении, может быть определена по закону Ленца-Джоуля как

$$W(вт) = I^2(a) \cdot R(ом),$$

или

$$W(вт) = U(в) \cdot I(a),$$

где I — сила тока, проходящего через сопротивление;
U — напряжение на концах сопротивления;
R — величина сопротивления.

Сила тока и напряжение, определяющие наибольшую допустимую мощность рассеяния, называются номинальными или наибольшими допустимыми. При выборе сопротивлений для радиоаппарата следует обязательно соблюдать соответствие мощности рассеяния сопротивлений с условиями, в которых они будут работать.

У непроволочных сопротивлений больших величин номинальная нагрузка определяется не допустимой мощностью рассеяния, а допустимым падением напряжения, которое не должно превышать 300—400 *в*. Превышение этой величины вызывает в рабочем слое сопротивления недопустимые местные нагрузки между отдельными его частицами, вследствие чего сопротивление выходит из строя.

Величина сопротивления зависит от температуры. Изменение величины сопротивления в зависимости от колебаний температуры характеризуется температурным коэффициентом, показывающим, на сколько изменяется сопротивление при изменении его температуры на 1° Ц. Проволочные сопротивления имеют положительный температурный коэффициент (их величина возрастает с увеличением температуры), а непроволочные — отрицательный.

Обычно изменение величины сопротивления от колебаний температуры не превышает нескольких процентов (более подробные данные указаны ниже для конкретных типов сопротивлений). Величина сопротивления (всех типов) уменьшается с увеличением частоты (главным образом, за счет емкостных утечек). Это уменьшение особенно заметно

на радиочастотах для сопротивлений от 0,1 *мгом* и выше и достигает, в зависимости от частоты, 10—40%.

Неоднородность токопроводящей массы некоторых типов непроволочных сопротивлений создает постоянные изменения проходящего через них постоянного тока. Переменная составляющая такого пульсирующего тока составляет, в зависимости от типа сопротивления, от 50 до 300 *мкв* и является причиной дополнительных шумов.

Конструкция и типы сопротивлений

В радиоаппаратуре применяются проволочные и непроволочные сопротивления. По своему устройству сопротивления обеих групп разделяются на сопротивления неизменной величины, называемые постоянными, и переменные сопротивления, величина которых по желанию может изменяться в определенных пределах.

Проволочные сопротивления отличаются наибольшей надежностью и стабильностью. Их свойства определяются в основном свойствами проволоки. Постоянные проволочные сопротивления, выпускаемые нашей промышленностью, представляют собой керамическую трубку с навитой на ней проволокой из специальных сплавов, покрытой слоем эмали (так называемые «остеклованные» сопротивления). Сопротивления этого типа выпускаются величиной от 0,9 *ом* до 50 000 *ом* с мощностью рассеивания от 15 до 150 *вт* при установившейся температуре, не превышающей 300° Ц.

Проволочные сопротивления шумят заметно меньше непроволочных, но обладают значительной собственной емкостью и индуктивностью и довольно дороги. Чаще всего проволочные сопротивления применяются в аппаратуре в виде реостатов накала, делителей напряжения (потенциометров), сопротивлений в цепях катодов ламп для получения напряжения смещения, для гашения излишка напряжения в цепи накала приемников с универсальным питанием и в тех случаях, когда требуется высокая точность и стабильность величины сопротивления (например в измерительной аппаратуре).

Проволочные сопротивления наматываются из нихрома, манганина, никелина и других подобных сплавов.

Непроволочные сопротивления выпускаются на различные величины примерно от 10 *ом* до десятков мегом. По величинам допуска выпускаемые сопротивления делятся на три группы: с 20-, 10- и 5-процентными допусками. Сопротивления с 5-процентным допуском наиболее дороги и в массовой аппаратуре не применяются. Массовые радиовещательные приемники строятся с таким расчетом, чтобы изменение величины сопротивления на 20% от номинала не сказывалось заметно на работе приемника.

Номинальные величины выпускаемых сопротивлений всех трех серий приведены в табл. 4,1.

Сопротивления типа СС (стабильные сопротивления) имеют на керамическом основании проводящий слой из осажденного углерода. Они мало изменяют со временем свою величину. При увеличении нагрузки против номинальной в 1,5—3 раза и при повышении температуры до +60° Ц величина сопротивления изменяется в среднем на 2%, а при повышении температуры до 180° Ц—до 10%. При увеличении нагрузки в 4—5 раз сопротивления СС сгорают. Недостатком сопротивлений СС является применение выводов, контакт которых с активным слоем сопротивления достигается путем обжима последнего. Надежность такого соединения невелика. Кроме того, оно вызывает дополнительные шумы.

Таблица 4,1

Шкала номинальных значений непроволочных сопротивлений при допусках 5, 10 и 20%

Сопротивление, *ом*	Сопротивление, *ом*	Сопротивление, *ом*	Сопротивление, *ом*	Сопротивление, *мгом*	Сопротивление, *мгом*
10	100	1 000	10 000	0,1	1,0
11	110	1 100	11 000	0,11	1,1
12	120	1 200	12 000	0,12	1,2
13	130	1 300	13 000	0,13	1,3
15	150	1 500	15 000	0,15	1,5
16	160	1 600	16 000	0,16	1,6
18	180	1 800	18 000	0,18	1,8
20	200	2 000	20 000	0,20	2,0
22	220	2 200	22 000	0,22	2,2
24	240	2 400	24 000	0,24	2,4
27	270	2 700	27 000	0,27	2,7
30	300	3 000	30 000	0,30	3,0
33	330	3 300	33 000	0,33	3,3
36	360	3 600	36 000	0,36	3,6
39	390	3 900	39 000	0,39	3,9
43	430	4 300	43 000	0,43	4,3
47	470	4 700	47 000	0,47	4,7
51	510	5 100	51 000	0,51	5,1
56	560	5 600	56 000	0,56	5,6
62	620	6 200	62 000	0,62	6,2
68	680	6 800	68 000	0,68	6,8
75	750	7 500	75 000	0,75	7,5
82	820	8 200	82 000	0,82	8,2
91	910	9 100	91 000	0,91	9,1
					10,0

В последнее время сопротивления типа СС выпускались на повышенную мощность от 2 до 30 *вт* с величиной сопротивления от 50 до 200 000 *ом*.

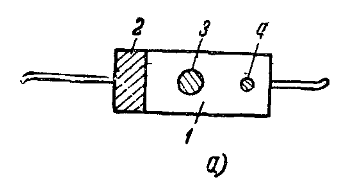
Сопротивления ТО имеют проводящий слой из специальной сажи и связующей бакелитовой смолы. Проводящий слой, наносимый на стеклянную трубочку, сильно изменяется под воздействием температуры и нагрузки. Для предохранения сопротивления от механических повреждений и влияния влажности оно запрессовывается в пластмассу. Сопротивления ТО выпускаются различной величины с мощностью рассеяния от 0,25 до 1 *вт*.

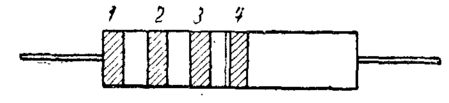
Для обозначения величин постоянных сопротивлений типа ТО, запрессованных в пластмассу, применяется система раскраски их различными цветами. Каждому цвету соответствует определенная цифра.

Обозначение величины каждого сопротивления составляется из трех цветов. Два первых цветных знака используются для обозначения двух первых значащих цифр, а третий указывает число нулей, следующих за значащими цифрами. У нас принят следующий порядок раскраски сопротивления (фиг 4.1, *а* и *б*). Цвет корпуса *1* обозначает первую значащую цифру величины сопротивления, окраска конца *2*—вторую цифру, а цвет точки или пояска *3* в середине корпуса показывает, сколько нулей надо добавить к первым двум цифрам. Иногда окрашивается и вто-

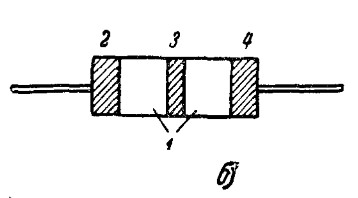
рой конец сопротивления (или наносится вторая точка или поясок около второго конца) в золотой или серебряный цвет *4*. Золотой цвет означает, что данное сопротивление имеет допуск ±5%, серебряный указывает на допуск ±10%, а отсутствие этих цветов допуск ±20%. Существуют также и другие способы раскраски (фиг. 4,2 и 4,3).

В первом варианте расцветки на корпус сопротивления наносят цветные пояски, как показано на фиг. 4,2; *1* — означает первую значащую цифру величины сопротивления, *2* — вторую цифру, *3* — число нулей после этих двух цифр и *4* — точность (процент допуска погрешностей). Отсутствие пояска *4* означает, что отклонение действительной величины сопротивления может доходить до 20%.

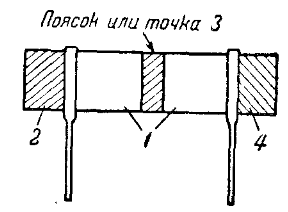




Фиг. 4,2. Маркировка сопротивлений цветными поясками.



Фиг. 4,1. Способ цветной маркировки сопротивлений.



Фиг. 4,3. Цветная маркировка сопротивлений, имеющих поперечные выводы.

Второй способ раскраски показан на фиг. 4,3. Этот способ применяется в тех случаях, когда выводы сопротивления расположены перпендикулярно его корпусу.

Значения цветных знаков для всех этих способов обозначений приведены в табл. 4,2.

Таблица 4,2

Цвет	1	2	3	4
Черный	—	0	—	—
Коричневый	1	1	0	—
Красный	2	2	00	—
Оранжевый	3	3	000	—
Желтый	4	4	0000	—
Зеленый	5	5	00000	—
Голубой	6	6	000000	—
Фиолетовый	7	7	0000000	—
Серый	8	8	00000000	—
Белый	9	9	—	—
Золотой	—	—	—	5%
Серебряный	—	—	—	10%
Не окрашено ни золотым, ни серебряным цветом	—	—	—	20%

Для уяснения расшифровки цветного обозначения сопротивлений приводим три примера.

1. Цвета поясков: *1* — зеленый, *2* — красный, *3* — желтый, *4* — золотой — величина сопротивления 520 000 *ом*, точность его ±5%.

2. Цвета поясков: *1* — коричневый, *2* — черный, *3* — черный; поясок *4* отсутствует. Величина сопротивления 10 *ом*, точность его ±20%.

3. Цвета поясков: *1* — оранжевый, *2* — оранжевый, *3* — оранжевый, *4* — серебряный. Величина сопротивления 33 000 *ом*, точность его ±10%.

Сопротивления ВС. Взамен всех непроволочных сопротивлений старых типов теперь выпускаются сопротивления типа ВС. Они состоят из фарфорового стерженька или трубочки, на поверхности которой нанесен тонкий проводящий слой углерода. Торцы их армированы контактными выводами, а проводящий слой углерода покрыт изолирующим влагостойким лаком. Величина сопротивлений ВС очень мало изменяется в интервале температур от —60° до +70° Ц и в условиях повышенной влажности (до 95%).

Сопротивления типа ВС выпускаются на следующие мощности рассеяния: 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 и 10,0 *вт*. Номинальные их значения в омах приведены в табл. 4,1. Маркировка сопротивлений наносится поверх сопротивления непосредственно цифрами, причем допускается сокращенное обозначение величины сопротивления, например, тысячи заменяются буквой *к* (кило), а мегомы буквой М (мегом).

4,2. КОНДЕНСАТОРЫ

Функции, выполняемые конденсаторами в современной радиоаппаратуре, чрезвычайно разнообразны, в связи с чем конструкции применяемых конденсаторов и их емкости также отличаются большим разнообразием.

По роду применяющегося диэлектрика конденсаторы разделяются на конденсаторы с воздушным диэлектриком, с твердым неорганическим диэлектриком (стеклянным, керамическим, слюдяным), с твердым органическим диэлектриком (из бумаги с различной пропиткой) и конденсаторы электролитические (сухие и мокрые).

По своему устройству конденсаторы разделяются на конденсаторы переменной емкости, конструкция которых позволяет плавно изменять их емкость, полупеременные (подстроечные конденсаторы), конструкция которых дает возможность незначительного изменения емкости при настройке с последующей фиксацией выбранной величины, и конденсаторы постоянной емкости.

Качественные показатели конденсаторов. Конденсаторы характеризуются следующими данными: 1) электрической прочностью, 2) потерями в электродах и диэлектрике, 3) сопротивлением изоляции или током утечки, 4) стабильностью емкости (температурным коэффициентом).

Для оценки **электрической прочности** конденсатора пользуются следующими величинами: $U_{раб}$ — рабочее напряжение, при котором конденсатор нормально работает длительный промежуток времени (обычно не менее 10 000 час.); $U_{исп}$ — испытательное напряжение, которое конденсатор должен выдерживать в течение испытательного срока (до 1 мин.); $U_{проб}$ — пробивное напряжение, которое выводит конденсатор из строя в течение нескольких секунд. Данные величин емкости и рабочего или пробивного напряжения обычно указываются на корпусе конденсатора.

При прохождении через конденсатор переменного тока в нем имеют место потери энергии, вызывающие нагрев конденсатора, ухудшающие

его качество. **Качество конденсаторов** (главным образом, их диэлектриков) **определяется углом потерь** ($\operatorname{tg} \delta$), который равен отношению активного сопротивления, эквивалентного потерям в конденсаторе, к его емкостному сопротивлению на рабочей частоте. Чем меньше величина этого отношения, тем выше качество конденсатора.

В радиолюбительской практике часто пользуются понятием «добротность» конденсатора, определяемым как отношение емкостного сопротивления конденсатора к эквивалентному всем потерям активному сопротивлению, включенному последовательно с идеальной емкостью.

Добротность конденсатора определяется выражением

$$Q_c = \frac{1}{\omega C r},$$

где C — емкость конденсатора в *ф*;

r — включенное последовательно с емкостью эквивалентное всем потерям в конденсаторе сопротивление в *ом*;

$\omega = 2\pi f$ (f — частота тока в *гц*).

Естественно, что качество конденсатора тем выше, чем больше его добротность Q_c.

Добротность воздушных конденсаторов очень велика, она исчисляется обычно тысячами. Добротность конденсаторов с твердым диэлектриком в лучших образцах достигает 500—800. Потери в конденсаторе с воздушным диэлектриком обычно во внимание не принимаются из-за их незначительности. Поэтому потери в колебательном контуре определяются только потерями в катушке.

Важным свойством конденсатора является постоянство его емкости. **Постоянство величины емкости конденсатора** зависит от ряда причин, главным образом от колебаний температуры и влажности. Изменение емкости при колебаниях температуры определяется **температурным коэффициентом емкости, сокращенно ТКЕ**. ТКЕ характеризует относительное изменение емкости конденсатора при изменении температуры на 1° Ц.

Проникновение в диэлектрик конденсатора влаги сильно изменяет его емкость, вследствие большой диэлектрической проницаемости воды ($\varepsilon = 80$).

Данные Q_c и ТКЕ различных типов конденсаторов приведены в табл. 4,3.

Таблица 4,3

Тип конденсатора	Q_c	ТКЕ	Сопротивление изоляции, *мгом/мкф*
Бумажные конденсаторы (при проникновении влаги)	100 — 20	От $+25 \cdot 10^{-5}$ до $+5 \cdot 10^{-4}$	400 падает до 100
Слюдяные конденсаторы (неопрессованные) . . .	300 — 200	$\pm 400 \cdot 10^{-6}$	от $5 \cdot 10^{3}$ до $4 \cdot 10^{2}$
Слюдяные конденсаторы (типа КСО)	1 000 — 600	Средняя $+80 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{3}$
Керамические конденсаторы (четыре группы см. табл. 4,7)	1 000 — 500	$\pm 50 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{3}$

Емкость постоянных слюдяных и бумажных конденсаторов, как правило, при повышении температуры увеличивается, а у конденсаторов с керамическим диэлектриком специальных сортов уменьшается. Последним свойством пользуются для компенсации положительного ТКЕ контуров.

Сопротивление изоляции конденсатора выражается в мегомах и может быть измерено по закону Ома. Для бумажных конденсаторов большой емкости обычно указывается сопротивление изоляции в *мгом/мкф*.

Конденсаторы переменной емкости с воздушным диэлектриком являются основным элементом настройки колебательных контуров приемников и передатчиков. Они изготовляются как одиночной конструкции, так и в виде двух- или трехсекционных агрегатов. Подвижные секции агрегатов (роторы) переменных конденсаторов обычно укрепляются на общей оси и управляются одной ручкой. Конденсаторы переменной емкости изготовляются с максимальной емкостью до 500 *пф* для длинных волн, до 150—200 *пф* для коротких волн, до 50 *пф* для УКВ.

Весьма важно, чтобы начальная емкость переменных конденсаторов была наименьшей, так как от этого зависит коэффициент перекрытия по емкости (отношение максимальной емкости к минимальной), а следовательно, и диапазон перекрываемых частот. У большинства длинноволновых конденсаторов переменной емкости $C_{мин} = 10—20$ *пф*.

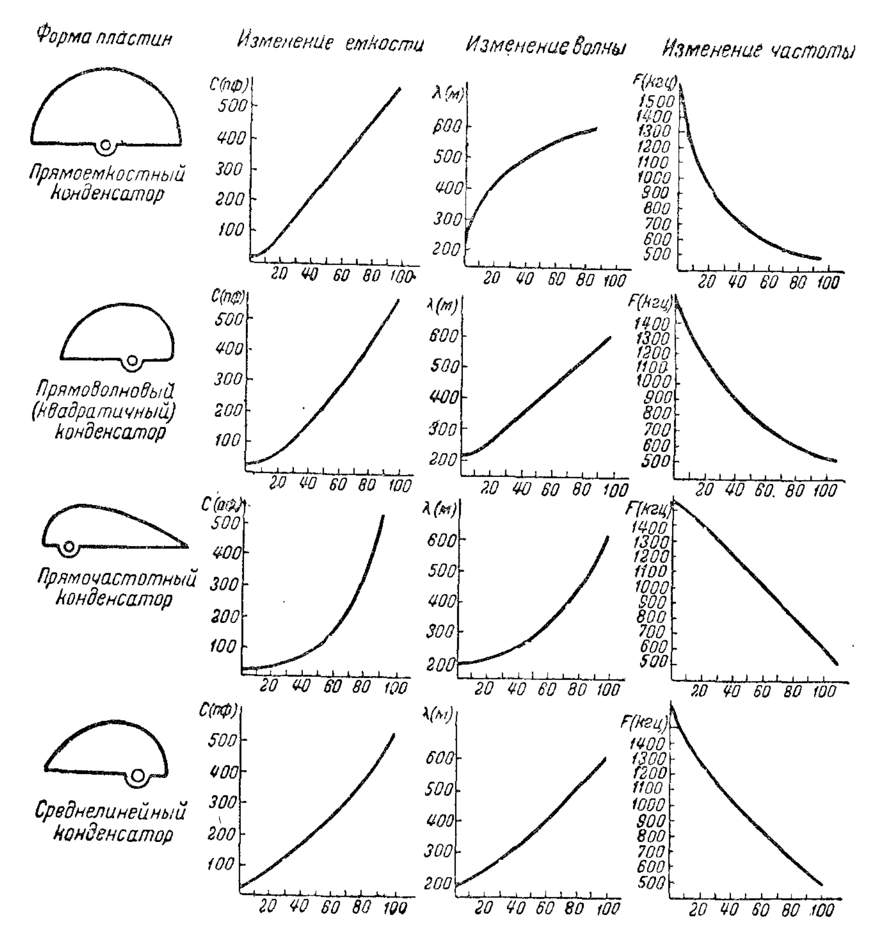
Для работы в контурах приемников и передатчиков переменные конденсаторы должны иметь достаточную диэлектрическую крепость, механическую прочность и высокое качество диэлектрика, на котором крепится конденсатор.

Переменные конденсаторы по характеру изменения емкости от угла поворота разделяются на: 1) прямоемкостные (обычные и дифференциальные); 2) прямоволновые (квадратичные); 3) прямочастотные; 4) среднелинейные или логарифмические.

Прямоемкостный конденсатор имеет прямолинейную зависимость изменения емкости от угла поворота ротора конденсатора. Прямоволновый конденсатор обеспечивает прямолинейную зависимость изменения волны контура от угла поворота ротора конденсатора. Прямочастотный конденсатор обеспечивает прямолинейную зависимость частоты контура от угла поворота ротора конденсатора. Среднелинейный конденсатор обеспечивает одинаковый процент изменения частоты настройки контура при повороте ротора конденсатора на одно деление в любом месте шкалы.

Конденсаторы, соединенные на одной оси, делаются среднелинейного типа, что объясняется, главным образом, преимуществами технологического порядка и габаритными условиями. Прямочастотные конденсаторы представляли бы бо́льшие удобства в отношении полной равномерности шкал, но пластины прямочастотных конденсаторов имеют удлиненную форму, неудобную для изготовления. Агрегаты таких переменных конденсаторов очень громоздки и не имеют должной жесткости конструкции. Формы пластин конденсаторов различных типов и кривые зависимости величины их емкости от угла поворота приведены на фиг. 4,4.

Переменные конденсаторы с твердым диэлектриком употребляются теперь сравнительно редко и в мало ответственных местах, например, для регулирования обратной связи. Хотя конденсаторы этого типа имеют значительно меньшие габариты и защищены от коротких замыканий между системами пластин, но они отличаются плохими электрическими свойствами, вызывая большие потери в схеме, и поэтому редко применяются в контурах для настройки.



Фиг. 4,4. Форма пластин и характеристики изменения емкости для конденсаторов различных типов, а также изменения длины волны и частоты контура при этих типах конденсаторов.

Начальная емкость конденсаторов с твердым диэлектриком равна примерно 25 *пф*, а конечная —400 *пф*.

Полупеременные конденсаторы являются элементами колебательных контуров и, как уже указывалось, обычно применяются для их подстройки. По своей конструкции полупеременные конденсаторы подразделяются на воздушные, слюдяные и керамические. Полупеременные конденсаторы позволяют изменять емкость в пределах примерно от 3—5 до 30—50 *пф*. Изоляционным материалом и диэлектриком керамических полупеременных конденсаторов служит специальная высокочастотная керамика, непосредственно на которую наносится проводящий слой. Такие конденсаторы обладают высокими электрическими и механическими данными и малыми габаритами.

Конденсаторы постоянной емкости применяются в радиоаппаратуре в качестве контурных разделительных, блокировочных, фильтрующих конденсаторов и для других целей. Выбор типа и емкости конденсатора производится в зависимости от его назначения. Ниже приводится краткая характеристика некоторых основных типов конденсаторов.

Слюдяные конденсаторы различных типов выпускаются емкостью от 10 до 50 000 *пф*. Промежуточные значения емкостей конденсаторов приведены в табл. 4,4.

Таблица 4,4

Сокращенная шкала номинальных значений емкости слюдяных конденсаторов

№ по пор.	Емкость в *пф*	№ по пор.	Емкость в *пф*	№ по пор.	Емкость в *пф*	№ по пор.	Емкость в *пф*
1	10	21	91	41	620	61	4 300
2	12	22	100	42	680	62	4 700
3	15	23	110	43	750	63	5 100
4	18	24	120	44	820	64	5 600
5	20	25	130	45	910	65	6 200
6	22	26	150	46	1 000	66	6 800
7	24	27	160	47	1 100	67	7 500
8	27	28	180	48	1 200	68	8 200
9	30	29	200	49	1 300	69	9 100
10	33	30	220	50	1 500	70	10 000
11	36	31	240	51	1 600	71	12 000
12	39	32	270	52	1 800	72	15 000
13	43	33	300	53	2 000	73	18 000
14	47	34	330	54	2 200	74	20 000
15	51	35	360	55	2 400	75	25 000
16	56	36	390	56	2 700	76	30 000
17	62	37	430	57	3 000	77	40 000
18	68	38	470	58	3 300	78	50 000
19	75	39	510	59	3 600		
20	82	40	560	60	3 900		

Слюдяные опрессованные конденсаторы (типа КОС) изготовлялись согласно существующего сортамента емкостью от 10 до 5 000 *пф* на рабочие напряжения в 250 и 500 *в*. Для передатчиков применяются конденсаторы с пробивным напряжением 1 000 и более *в* (типы А, Б, В и Г). Диэлектриком в них является хороший сорт слюды, а в качестве обкладок применяется тонкая бронзовая или медная фольга. Слюдяные конденсаторы опрессовываются в пластмассу, которая хорошо предохраняет их от воздействия внешних факторов и способствует механической прочности.

Слюдяные конденсаторы типа КСО по конструкции и габаритам делятся на 13 типов и имеют маркировку от КСО-1 до КСО-13 (конденсаторы слюдяные опрессованные). Эти конденсаторы предназначаются для работы в высокочастотных цепях радиоаппаратуры, работающей в широком интервале температур.

В зависимости от типа конденсаторы КСО имеют емкость от 10 *пф* до 50 тыс. *пф* с различным рабочим напряжением от 250 *в* до 7 000 *в*.

По допустимому отклонению емкости от номинала конденсаторы каждого типа разделяются на 4 класса: класс 0 — допуск ±2%, I — ±5%, II — ±10%, III — ±20%.

В зависимости от температурного коэффициента и температурной стабильности емкости в процентах, каждый тип конденсаторов делится на следующие группы, приведенные в табл. 4,5.

Таблица 4,5

Условные обозначения групп	Температурный коэффициент емкости на 1° (ТКЕ)	Температурная стабильность емкости в %
А	Не оговаривается	Не оговаривается
Б	$\pm 200 \cdot 10^{-6}$	0,5
В	$\pm 100 \cdot 10^{-6}$	0,2
Г	$\pm 50 \cdot 10^{-6}$	0,1

Все обозначения наносятся на конденсатор в виде цифр, например, обозначение КСО-5-Г-5100-1 означает, что данный конденсатор пятого типа на рабочее напряжение 500 *в* емкостью 5 100 *пф*, группы Г (ТКЕ $\pm 50 \cdot 10^{-6}$) и первого класса точности (допуск ±5%).

Конденсаторы слюдяные герметизированные типа КСГ являются слюдяными конденсаторами, герметически заделанными в металлический корпус. По конструкции, габаритам и максимальной реактивной мощности конденсаторы КСГ делятся на два типа: КСГ-1 и КСГ-2.

Указанные конденсаторы характеризуются теми же классами по точности, емкости и группами по температурной стабильности, что и конденсаторы типа КСО. Конденсаторы типа КСГ-1 выпускаются емкостью от 470 *пф* до 20 000 *пф* на рабочее напряжение от 1 000 до 500 *в*.

Конденсаторы типа КСГ-2 выпускаются емкостью от 0,02 до 0,03 *мкф* с рабочим напряжением в 1 000 *в* и емкостью от 0,04 до 0,1 *мкф* на рабочее напряжение 500 *в*.

Бумажные конденсаторы. Диэлектриком в этих конденсаторах служит специальная тонкая (конденсаторная) бумага, а обкладками — алюминиевая или оловянная фольга. В зависимости от конструкции конденсатора его рабочая секция заделывается либо в каркас из бумажной бакелизированной трубки, либо запрессовывается в пластмассу, либо заделывается в керамический или металлический каркас. Во всех случаях конденсаторы подвергаются вакуумной пропитке парафином, церезином или галовакcом. Бумажные конденсаторы являются основным типом конденсаторов больших емкостей, применяющихся в массовой радиоаппаратуре. Они работают в выпрямительных схемах (в сглаживающих фильтрах), в цепях пульсирующего тока (как сглаживающие, разделительные и блокировочные), в резонансных контурах низкой частоты. Конденсаторы с бумажной изоляцией изготовляются на большой диапазон емкостей от 50 *пф* до 100 *мкф* на рабочее напряжение от 120 до 500 *в*.

Конденсаторы бумажные герметизированные низковольтные типа КБГ имеют диэлектрик из пропитанной бумаги, предназначены для работы в условиях повышенной влажности и при большой разности температур. Применяются в качестве блокировочных и фильтровых.

По конструкции конденсаторы КБГ делятся на 4 группы:

КБГ-И — конденсатор в цилиндрическом корпусе из керамики.

КБГ-М — конденсатор в цилиндрическом корпусе из металла.

КБГ-МП — конденсатор в металлическом прямоугольном корпусе плоский.

КБГ-МН — конденсатор в металлическом прямоугольном корпусе нормальный.

Конденсаторы типа КБГ имеют следующие номинальные емкости: 470, 1 000, 3 300, 4 700, 6 800 *пф*; 0,01; 0,015; 0,02; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 и 10 *мкф*. Рабочее напряжение конденсаторов 250, 500 и 1 000 *в*.

По отклонению емкости от номинала конденсаторы этого типа разделяются на 3 класса: I класс — допуск ±5%, II класс — допуск ±10% и III класс — допуск ±20%.

Конденсаторы типа КБГ — МП состоят из одной, двух или трех секций, соединенных между собой внутри. В зависимости от схемы соединения секций конденсаторы могут иметь выводы, соединенные с корпусом или изолированные от него.

Керамические конденсаторы, в зависимости от состава керамики, выпускаются стабильные (с очень большим постоянством емкости и минимальными потерями) и компенсирующие, с большим отрицательным температурным коэффициентом, известные под названием тикондовых конденсаторов. Конденсаторы первой группы применяются в колебательных контурах для выравнивания начальных емкостей (вместо слюдяных конденсаторов), а конденсаторы второй группы (компенсирующие) в качестве дополнительных к слюдяным конденсаторам в контурах. Их назначение — компенсировать температурные изменения всех элементов колебательного контура.

Эти конденсаторы представляют собой трубочки или пластинки из специальной керамики, на которую путем вжигания наносится проводящий слой. Емкость их бывает от 2 до 750 *пф*. Конструкция таких конденсаторов, естественно, исключает сдвиг металлических обкладок относительно диэлектрика, так как у них проводящий слой составляет одно целое с диэлектриком.

Конденсаторы керамические низковольтные типов КТК и КДК выполняются из керамического диэлектрика в виде трубок (КТК) и в виде дисков (КДК). Эти конденсаторы предназначаются для работы в радиоаппаратуре, главным образом, в качестве контурных, разделительных и сеточных конденсаторов.

Конденсаторы рассчитаны на работу при эффективном напряжении высокой частоты до 250 *в* и при рабочем напряжении постоянного тока до 500 *в*. Коэффициент диэлектрических потерь в этом интервале температур колеблется от 0,0015 до 0,0018.

По конструкции и габаритам конденсаторы КТК делятся на 5 типов: от КТК-1 до КТК-5 емкостью от 2 до 750 *пф*, а КДК — на три типа: от КДК-1 до КДК-3 емкостью от 1 до 100 *пф*.

Номинальные промежуточные значения емкости конденсаторов соответствуют следующей шкале (табл. 4,6).

Таблица 4,6

Шкала номинальных емкостей конденсаторов КТК

1 ÷ 15 *пф*	16 ÷ 120 *пф*	130 ÷ 750 *пф*	1 ÷ 15 *пф*	16 ÷ 120 *пф*	130 ÷ 750 *пф*
1,0	16	130	7,0	47	390
1,5	18	150	7,5	51	430
2,0	20	160	8	56	470
2,5	22	180	9	62	510
3,0	24	200	10	68	560
4,0	27	220	11	75	620
4,5	30	240	12	82	680
5,0	33	270	13	91	750
5,5	36	300	15	100	
6,0	39	330		110	
6,5	43	360		120	

В зависимости от величины температурного коэффициента емкости керамические конденсаторы разделяются на следующие четыре группы (табл. 4,7).

Таблица 4,7

Группа	Температурный коэффициент емкости (ТКЕ)	Отличительный знак
Ж	$-(570 \pm 70)\cdot 10^{-6}$	Оранжевый
М	$-(50 \pm 30)\cdot 10^{-6}$	Голубой
Р	$+(30 \pm 30)\cdot 10^{-6}$	Серый
С	$+(110 \pm 30)\cdot 10^{-6}$	Синий

По отклонению емкости от номинальной конденсаторы разделяются на три класса: класс 0 — допуск $\pm 2\%$; I — $\pm 5\%$; II — $\pm 10\%$.

Конденсаторы сверху покрываются влаго- и температуроустойчивым лаком, на поверхности которого наносится маркировка. Пример маркировки: КДК-2-Ж-56-1, что означает: конденсатор типа КДК (дисковый) второго типа, с температурным коэффициентом — $(570 \pm 70)\cdot 10^{-6}$, емкостью 56 *пф* и допуском 5%.

Конденсаторы герметизированные керамические низковольтные типа КГК заделываются в керамический корпус. Все сказанное о качестве, классах точности, группах ТКЕ и применении конденсаторов КТК и КДК относится также и к конденсаторам КГК. По конструкции и габаритам конденсаторы КГК делятся на пять типов: от КГК-1 до КГК-5. конденсаторы КГК в зависимости от типа и группы имеют емкости от 5 до 750 *пф*.

Номинальные промежуточные значения емкостей конденсаторов соответствуют шкале, приведенной для конденсаторов КТК (см. табл. 4,6).

Электролитические конденсаторы. В электролитических конденсаторах диэлектриком является тончайшая оксидная пленка, образованная на алюминиевой ленте химическим способом. Эта лента является одной об-

кладкой, а второй обкладкой служит слой электролита, соприкасающийся с оксидной пленкой. Наличие электролита в жидком или полужидком состоянии является необходимым условием для получения высокой электрической прочности оксидной пленки. Оксидная пленка обладает униполярной (односторонней) проводимостью. Поэтому электролитические конденсаторы должны включаться с соблюдением указанной на них полярности.

Основными преимуществами электролитических конденсаторов являются малые габариты и вес, дешевизна и возможность получения больших емкостей при малых рабочих напряжениях. К основным недостаткам электролитических конденсаторов относятся: изменение емкости от времени и при колебаниях температуры; низкое сопротивление изоляции оксидного слоя, вследствие чего у них всегда имеется ток утечки, увеличивающий потери в схемах.

Несмотря на указанные недостатки, электролитические конденсаторы получили широкое распространение в радиотехнической аппаратуре. Они применяются в фильтрах выпрямителей, в блокировочных и развязывающих цепях пульсирующего тока и т. п.

По конструкции и методу изготовления различают два основных типа электролитических конденсаторов: 1) мокрые или жидкостные, у которых активный электрод с оксидной пленкой погружен в жидкий или вязкий электролит; 2) сухие или полусухие, изготовляемые путем сворачивания двух слоев фольги: активизированной и неактивизированной, разделенных волнистой прокладкой, пропитанной вязким или полутвердым электролитом.

Конденсаторы электролитические типа КЭ делятся на 3 основных типа: КЭ-1, КЭ-2, КЭ-3.

Конденсаторы КЭ-1 и КЭ-2 с рабочим напряжением от 8 до 50 *в* имеют емкость от 10 до 2 000 *мкф*, а с рабочим напряжением от 150 до 500 *в* емкость от 5 до 20 *мкф*. Конденсаторы КЭ-3 при соответственных значениях рабочих напряжений имеют меньшие значения емкости.

Конденсаторы типа КЭ-1 и КЭ-2 представляют собой алюминиевые стаканчики с выводом наверху и с различными способами крепления. Конденсаторы КЭ-3 представляют собой цилиндр, с обоих концов которого сделаны выводы от внутренних электродов.

Различают две группы конденсаторов КЭ-1: ОМ (особо морозостойкие), предназначенные для работы в интервале температур от —60 до +60° Ц и М (морозостойкие), работающие в интервале температур от —40 до +60° Ц.

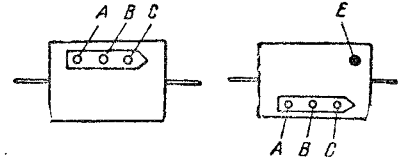
Цветной код для обозначения емкости. Для обозначения величины емкости конденсаторов иногда применяется цветной код, принципиально не отличающийся от кода сопротивлений, но несколько усложненный из-за добавления нескольких данных (табл. 4,8).

Обычные конденсаторы, запрессованные в бакелит или пластмассу, кодируются только по группам *А*, *Б*, *С* и *Е*. Точность и температурный коэффициент обозначаются только на керамических конденсаторах, применяющихся в специальной аппаратуре.

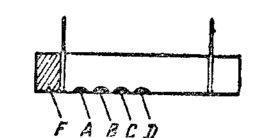
На фиг. 4,5 показаны конденсаторы, запрессованные в бакелит. Точки *А*, *В* и *С* нанесены на стрелке, причем точка *А* находится у тупого конца стрелки, за ней следуют в порядке латинского алфавита точки *В* и *С*. Точка *Е* находится на корпусе, вне стрелки. Например, если у конденсатора точка *А* — оранжевая, точка *В* — голубая, а точка *С* — черная, то емкость конденсатора равна 36 *пф*; если точка *А* желтая, точка *В* серая, а точка *С* красная, то емкость равна 4 800 *пф* и т. д. Присутствие точки *Е* желтого цвета указывает, что рабочее напряжение кон-

Таблица 4,8

Цвет	*A* первая	*B* вторая	*C* число нулей после двух первых цифр или множитель	*D* точность в %	*E* рабочее напряжение вольты постоянного тока	*F* температурный коэффициент на 1° Ц
Черный . . .	—	0	—	20	—	0
Коричневый. .	1	1	0	1	120	—0,00003
Красный . . .	2	2	00	2	200	—0,00008
Оранжевый . .	3	3	000	2,5	300	—0,00015
Желтый . . .	4	4	0000	—	400	—0,00022
Зеленый . . .	5	5	00000	5	500	—0,00033
Голубой . . .	6	6	—	—	600	—0,00047
Фиолетовый .	7	7	—	—	—	—0,00075
Серый	8	8	0,01	—	—	—
Белый	9	9	0,1	10	—	—
Золотой . . .	—	—	—	—	1 000	—



Фиг. 4,5. Способ цветной маркировки постоянных конденсаторов.



Фиг. 4.6. Маркировка керамических конденсаторов.

денсатора равно 400 *в* постоянного тока; если точка *E* золотого цвета, то рабочее напряжение равно 1 000 *в* постоянного тока и т. д. На керамических конденсаторах точки расположены несимметрично относительно центра (фиг. 4,6). Ближайшей к концу точкой является точка *A*, за ней следуют в алфавитном порядке точки *B*, *C* и *D*. Окраской кончика, прилегающего к точке *A*, обозначается величина температурного коэффициента.

4,3. КОНСТРУКЦИИ САМОДЕЛЬНЫХ КОНТУРНЫХ КАТУШЕК

Ниже описываются конструкции самодельных катушек для любительских приемников. Катушки этого типа проверены на практике и могут быть применены в приемниках стандартного типа радиолюбителями, не желающими самостоятельно их рассчитывать.

Катушки для приемников прямого усиления наматываются на цилиндрических картонных каркасах диаметром 22 *мм* и длиной 110 *мм*. Они могут быть применены с экранами и без экранов.

Экраны следует делать из меди или алюминия. Форма экранов рекомендуется прямоугольная, как наиболее легкая для выполнения. Размеры экранов приведены на фиг. 4,7.

Устройство катушек показано на фиг. 4,8. Катушка типа «а» предназначается для антенного контура в схемах с емкостной связью с антенной, катушка «б» — в схемах с индуктивной связью с антенной (катушки L_3 и L_4 являются катушками связи). Катушки «в» применяются в схемах с обратной связью (катушка L_5 является катушкой обратной связи). Многослойные катушки наматываются внавал между щечками, проводом марки ЛЭШО (литцендрат) или одножильным проводом ПЭШО 0,2. В случае отсутствия проводов указанных диаметров можно делать отступления в диаметре примерно в пределах до 25% в обе стороны от номинала, но изменяя число витков в соответствии с расчетом, приведенным на стр. 31.

Соответствующие числа витков для катушек приведены в табл. 4,9.

Таблица 4,9

Число витков катушек для приемников прямого усиления

Обозн. катушки на фиг. 4,8	Провод	Катушки без экранов				Катушки с экранами			
		Число витков	*A*, *мм*	*B*, *мм*	*C*, *мм*	Число витков	*A*, *мм*	*B*, *мм*	*C*, *мм*
L_1	ЛЭШО 10 × 0,07	123 × 3	3,5	2	—	150 × 3	4	2	—
L_2	ПЭ 0,15	97	—	—	17,5	100	—	—	18
L_3	ПЭШО 0,1	450	3,5	2	—	450	3,5	2	—
L_4	ПЭШО 0,1	200	3,5	2	—	200	3,5	2	—
L_5	ПЭ 0,15	30 + 80	—	—	30	35 + 90	—	—	30

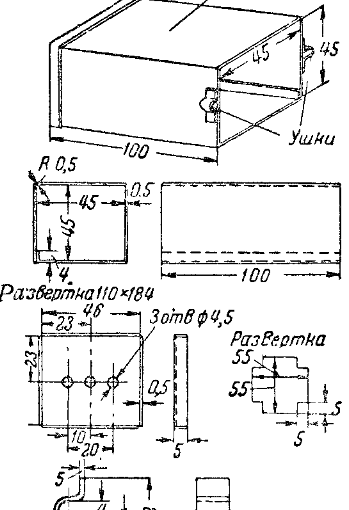
Катушки с указанными обмотками при переменных конденсаторах с начальной емкостью около 10—15 *пф* и конечной емкостью около 500 *пф* дают перекрытие средневолнового диапазона от 190—210 *м* до 570—580 *м* и длинноволнового диапазона примерно от 700 до 2 000 *м*.

В приемниках типа 0-V-1 применяется катушка «в», в приемниках 1-V-1 (1-V-2) используются катушки «а» и «в» или «б» и «в».

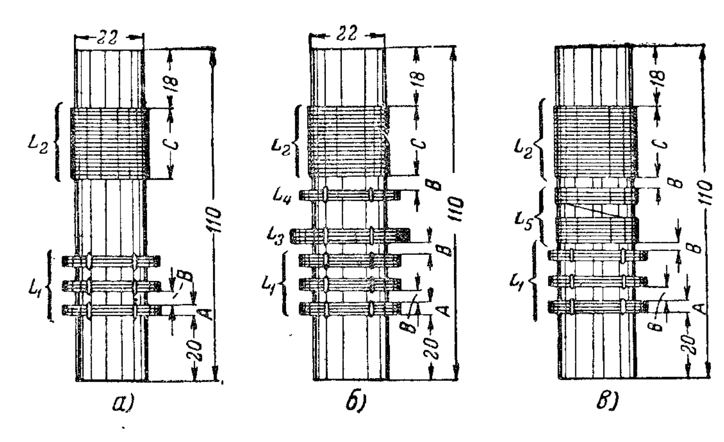
Указанные катушки средних волн имеют добротность 75—80, а длинных волн 90—100.

Схемы включения катушек в приемнике показаны на фиг. 4,9.

Катушки для супергетеродинных приемников. Устройство катушек для суперов такое же, как и для приемников прямого усиления. Данные их приведены в табл. 4,10. Катушка «а» предназначается для антенного контура, имеющего емкостную связь с антенной, катушка «б» — для антенного контура, имеющего индуктивную связь с антенной. Катушка «в» предназначается для контура гетеродина и катушка «г» — для трансформаторов промежуточной частоты. Все детали схемы (триммеры и пр.) при применении таких катушек обычны.



Фиг. 4,7. Устройство экранов для катушек.



Фиг. 4,8. Устройство типовых любительских катушек для приемника прямого усиления.

Таблица 4,10

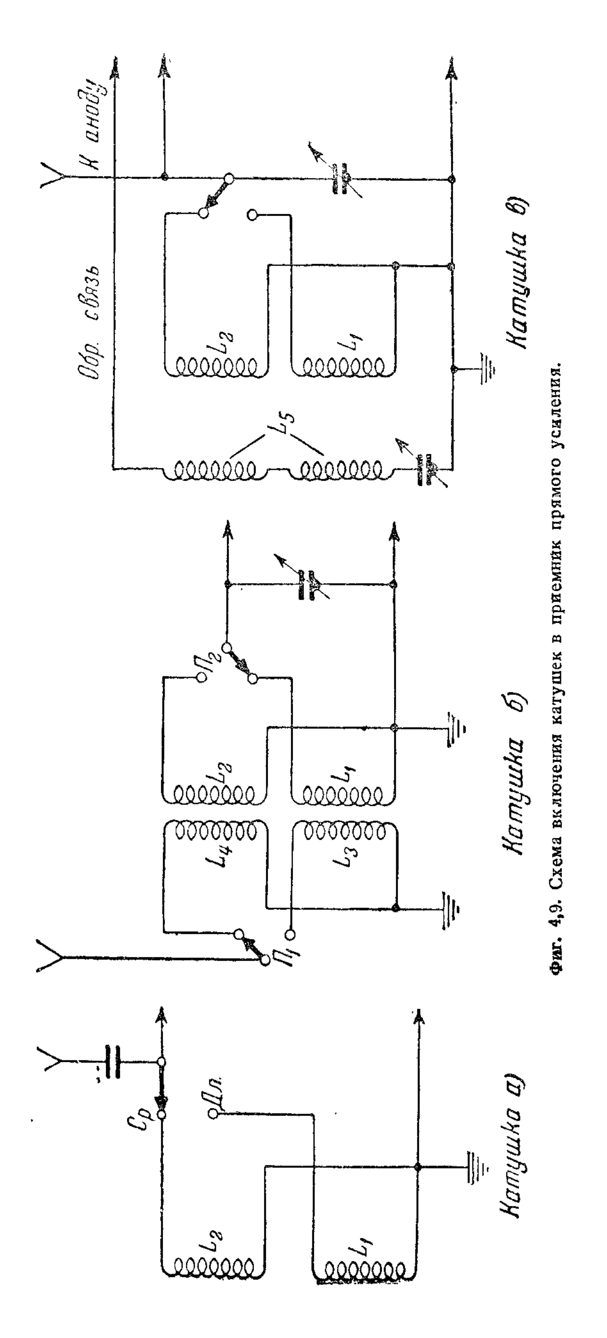
Данные катушек для супергетеродинного приемника

Обозн. катушек на фиг. 4,10	Провод	Катушки без экранов				Катушки с экранами			
		Число витков	A, мм	B, мм	C, мм	Число витков	A, мм	B, мм	C, мм
L_1	ЛЭШО 10 × 0,07	123 × 3	3,5	2	—	150 × 3	4	2	—
L_2	ПЭ 0,15	97	—	—	17,5	100	—	—	18
L_3	ПЭ 0,5	6,5	—	—	10	7	—	—	10
L_4	ПЭ 0,5	8	*	—	—	8	*	—	—
L_5	ПЭ 0,5	5	**	—	—	5	**	—	—
L_6	ПЭ 0,5	6	***	—	—	6	***	—	—
L_7	ЛЭШО 10 × 0,07	100	3,5	2	—	122	3,5	2	—
L_8	ПЭ 0,15	53	—	—	8	57	—	—	8,5
L_9	ПЭ 0,5	6	—	—	9	6	—	—	9
L_{10}	ЛЭШО 10 × 0,07	28	2,?	2	—	34	2,5	2	—
L_{11}	ПЭ 0,15	15	—	—	3	15	—	—	3
L_{12}	ПЭШО 0,15	6	***	—	—	6	***	—	—
L_{13}	ЛЭШО 10 × 0,07	—	—	—	—	65 × 4	3,5	2	—

* Наматывается между секциями обмотки L_1.

** Наматывается поверх обмотки L_2.

*** Наматывается в промежутках между витками катушки L_3 или L_{12}.



Фиг. 4,9. Схема включения катушек в приемник прямого усиления.

Таблица 4,11

Подстроечные конденсаторы и катушки супергетеродина

Емкость переменного конденсатора	C_0	C_p	C_f	Антенная катушка						Междуламповая катушка						Гетеродинная катушка					
				Диаметр каркаса 10 *мм*		Диаметр каркаса 15 *мм*		Диаметр каркаса 18 *мм*		Диаметр каркаса 10 *мм*		Диаметр каркаса 15 *мм*		Диаметр каркаса 18 *мм*		Диаметр каркаса 10 *мм*		Диаметр каркаса 15 *мм*		Диаметр каркаса 18 *мм*	
	пф	*пф*	*пф*	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Переменный конденсатор $C = 350$ *пф*																					
Короткие волны	25	3 500	2	10	16,7	7	12,0	6,5	10,4	13	16,7	9	12,0	8,5	10,4	15	16,6	10	11,8	9	10,3
Средние волны	32	400	10	80	134	65	114	60	105	110	134	93	114	84	105	65	99	54	84	52	79
Длинные волны	38	170	20	225	440	185	370	150	310	325	440	265	370	210	310	120	216	97	177	81	147
Переменный конденсатор $C = 450$ *пф*																					
Короткие волны	35	3 500	2	10	14,7	7	10,5	6,5	9,2	13	14,7	9	10,5	8,5	9,2	13	14,5	9	10,3	8	9,0
Средние волны	44	500	10	80	118	65	100	60	97	110	118	93	100	84	97	58	88	51	73	46	70
Длинные волны	54	215	20	225	386	185	350	150	270	325	386	265	350	210	270	105	188	89	162	58	106
Переменный конденсатор $C = 500$ *пф*																					
Короткие волны	35	4 000	2	10	14,0	7	10,0	16,5	8,8	13	14,0	9	10,0	8,5	8,8	12	13,8	8,5	9,8	7,8	8,7
Средние волны	44	540	15	80	113	65	95	60	89	110	113	93	95	84	89	51	85	45	69	43	67
Длинные волны	54	260	30	225	369	185	300	150	255	325	309	265	300	210	255	100	182	73	142	57	104
Переменный конденсатор $C = 550$ *пф*																					
Короткие волны	40	4 000	4	10	13,4	7	9,5	6,5	8,4	13	13,4	9	9,5	8,5	8,4	11	13,2	8	9,3	7,5	8,3
Средние волны	52	600	20	80	108	65	90	60	85	110	108	93	90	84	85	53	81	42	61	41	64
Длинные волны	64	280	35	225	354	185	290	150	248	325	354	265	290	210	248	96	173	72	130	56	102

Устройство и включение катушек, а также обозначение емкостей показано на фиг. 4,11—4,14.

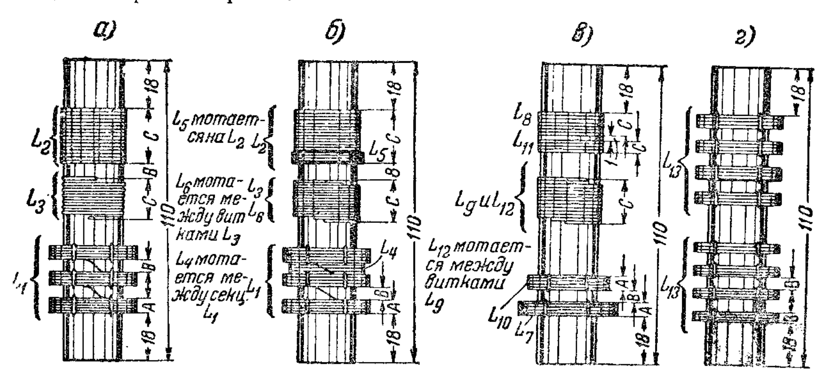
* Первичная обмотка. ** Вторичная обмотка.

Конструкция катушек показана на фиг. 4,10.

Устройство катушек предусматривает применение магнетитовых сердечников для подстройки. Сердечники диаметром 9 *мм* будут изменять индуктивность на 20—25%.

В табл. 4,11 приводятся данные катушек еще одного типа, которые также дают хорошие результаты в любительском исполнении.

Приведенные данные катушек входного и гетеродинного контуров и подстроечных конденсаторов рассчитаны для нескольких значений емкости конденсаторов настройки.



Фиг. 4,10. Типовые любительские катушки для супергетеродинного приемника.

Указанные в табл. 4,11 данные подойдут к любому приемнику, у которого гетеродинный контур собран по схеме фиг. 4,11. Контуры рассчитаны на следующие диапазоны частот.

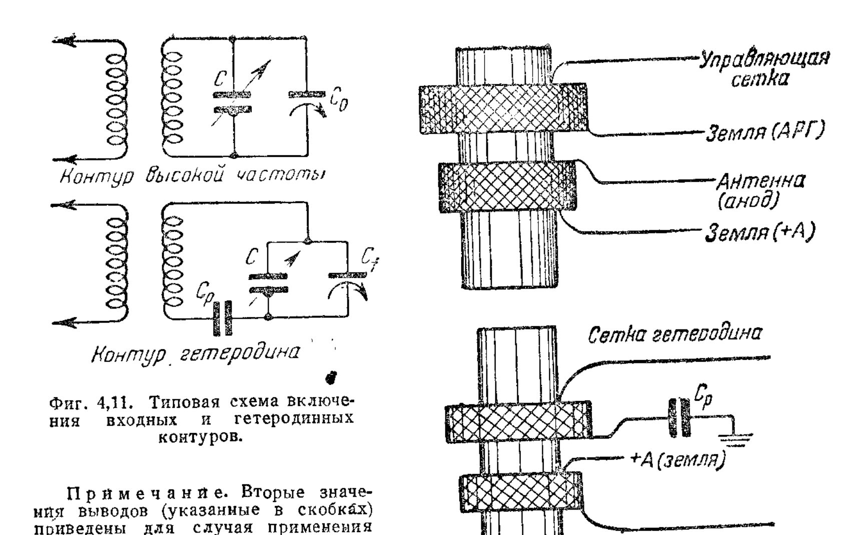
Длинные волны	1 900—700 *м*	(158—427 *кгц*)
Средние волны	580—200 *м*	(518—1 500 *кгц*)
Короткие волны	50—16 *м*	(6 000—18 750 *кгц*)
Промежуточная частота		460 *кгц*

Длинноволновые и средневолновые катушки многослойной намотки типа Универсаль. Провод 0,12—0,15, ширина катушки 6—7 *мм* (фиг. 4,12).

Коротковолновые катушки делаются однослойными и намотаны виток к витку без зазора. Сеточные катушки наматываются проводом в эмалевой изоляции. Диаметр провода зависит от диаметров каркаса. Для каркаса в 10 *мм* диаметр провода берется 0,6 *мм*; для 15-миллиметрового каркаса — 0,8 *мм* и для 18-миллиметрового каркаса — берется провод диаметром 1,0 *мм*.

Антенные (анодные) коротковолновые катушки наматываются поверх первичных (сеточных) проводом 0,15—0,25 любой изоляции. Между обмотками прокладывается один слой тонкой бумаги или кембрика. Антенные (анодные) коротковолновые катушки должны быть расположены как можно ближе к заземленному концу сеточной катушки, как это показано на фиг. 4,13.

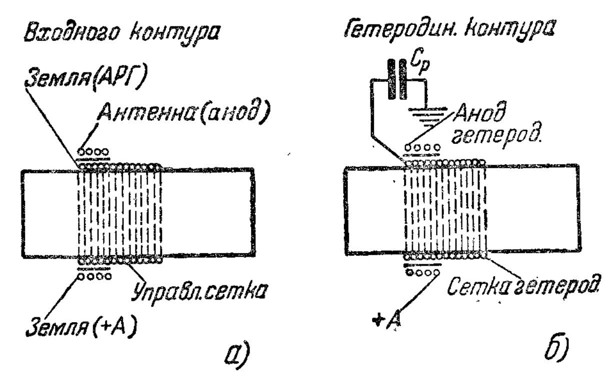
Емкость C_0 — добавочная емкость, присоединенная параллельно переменному конденсатору входного контура, она составляется из емкости катушек, емкости монтажа и ламп, а также емкости подстроечного конденсатора. Величина подстроечного конденсатора при емкости переменного конденсатора 350 *пф* берется — 5 *пф*; для 450 *пф* — 10 *пф* и для 500 — 550 *пф* — 15 — 20 *пф*.



Фиг. 4,11. Типовая схема включения входных и гетеродинных контуров.

Примечание. Вторые значения выводов (указанные в скобках) приведены для случая применения катушек в каскаде высокой частоты.

Фиг. 4,12. Способ включения длинноволновых катушек в супергетеродинном приемнике.



Фиг. 4,13. Способ намотки и включения коротковолновых катушек супергетеродина.

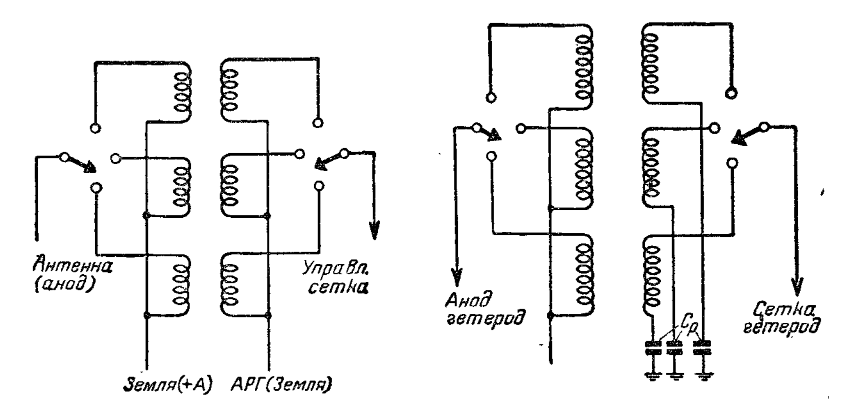
Конденсатор C_0 — полупеременный подстроечный конденсатор гетеродинного контура. Конденсатор C_p — сопрягающий конденсатор в контуре гетеродина. Конденсатор C_f — подстроечный в цепи гетеродина.

Расстояния между входными и сеточными катушками длинноволнового и средневолнового диапазонов должны быть следующими.

Длинные волны: входные катушки — 3—4 *мм*, гетеродинные катушки — 0,15—1,0 *мм*; средние волны: входные катушки — 1,5—2,0 *м*, гетеродинные катушки — 0,5—1,0 *мм*.

Схемы включения катушек приведены на фиг. 4,14.

Данные катушек контуров промежуточной частоты на 460 *кгц* следующие: для каркаса диаметром 10 *мм* — 230 витков, для каркаса диаметром 15 *мм* — 200 витков, для каркаса 18 *мм* — 175 витков.



Фиг. 4,14. Схема включения катушек в супергетеродинном приемнике.

Ширина намотки катушки — 5—7 *мм*, емкость подстроечного конденсатора контура промежуточной частоты — 150 *пф*. Расстояние между катушками трансформатора промежуточной частоты 30—40 *мм*.

4,4. ДРОССЕЛИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

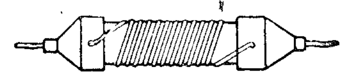
Дросселем высокой частоты называют катушку, включенную в цепь для преграждения пути высокочастотным токам. Дроссели высокой частоты характеризуются следующими данными: 1) индуктивностью, 2) собственной емкостью, 3) собственной резонансной частотой, 4) типом намотки, 5) размерами, 6) допустимой величиной пропускаемого тока и сопротивлением постоянному току.

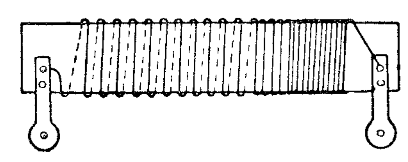
Величина индуктивности дросселя подбирается применительно к той полосе частот, в которой дроссель должен работать. Для ориентировки приводим данные индуктивности дросселей для наиболее типичных случаев их применения.

Таблица 4,12

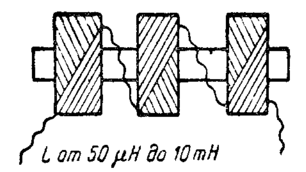
Назначение дросселя	Ультракороткие волны	Короткие волны	Длинные волны
В цепях накала и питания	2 — 10 *мкгн*	20 — 100 *мкгн*	1 — 10 *мгн*
В анодных цепях . . .	до 10 *мкгн*	до 500 *мкгн*	10 — 50 *мгн*

Собственная междувитковая емкость дросселя должна быть возможно меньшей, так как она шунтирует дроссель. В целях уменьшения собственной емкости дросселя применяются специальные типы намоток. Дроссели для УКВ и КВ схем, индуктивностью в 10—30 *мгкн*, наматываются в один слой на цилиндрических каркасах. Для уменьшения собственной емкости намотка производится принудительным шагом, а кар-



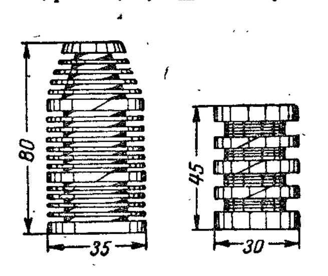


Фиг. 4,15 Ультракоротковолновые (УКВ) и коротковолновые (КВ) дроссели высокой частоты.



Фиг. 4,16. Дроссель высокой частоты многослойной намотки.

кас берется диаметром от 5 до 10 *мм*. Длина намотки делается в 3—5 раз больше ее диаметра (фиг. 4,15) Дроссель с индуктивностью более 50 *мгкн* следует наматывать многослойной намоткой типа Универсаль, разбивая ее на секции. Обычно делается 3—4 секции, причем расстояние между секциями должно быть не меньше ширины секции. Ширина и высота секции в высокочастотных дросселях составляют 2—3 *мм* (фиг. 4,16). Для получения индуктивности более 50 *мгн*, необходимой для длинноволновых приемников, прибегают к многослойной рядовой намотке или внавал. В этом случае намотку производят на специальном каркасе, имеющем от 5 до 10 пазов шириной в 2—3 *мм* каждый и расположенных на расстоянии нескольких миллиметров друг от друга (фиг. 4,17). Дроссели такого типа отличаются большой простотой и дешевизной, но, конечно, обладают значительно большей собственной емкостью, чем дроссели секционированной намотки типа Универсаль.



Фиг. 4,17. Секционированные дроссели высокой частоты на каркасах.

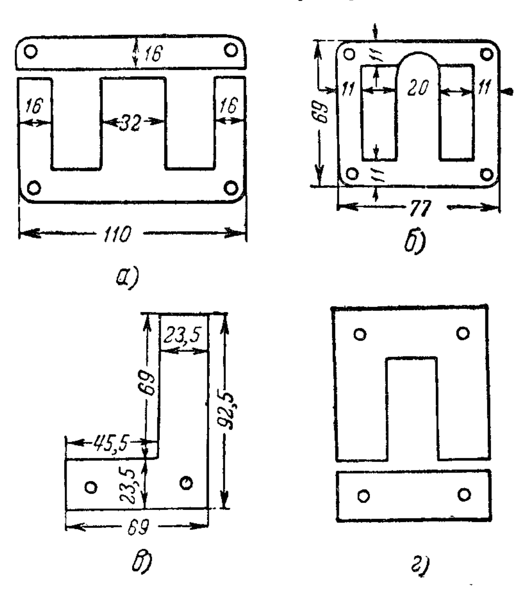
Как правило, дроссель работает в условиях, далеких от резонанса. Однако, в некоторых случаях (в коротковолновых приемниках и передатчиках) применяются настроенные дроссели. При работе дросселя вблизи резонанса его сопротивление переменному току для частот, близких к резонансной, будет больше и его запирающее действие значительно повысится.

Если дроссель должен оказывать запирающее действие в очень широкой полосе частот, то одного дросселя может оказаться недостаточным. В этих случаях включаются последовательно два или три дросселя специального устройства. Так, например, в анодную цепь детекторной лампы всеволновых приемников прямого усиления часто включаются последовательно два дросселя — длинноволновый и коротковолновый. Для постоянной составляющей тока дроссель не должен представлять большого сопротивления. Толщина провода для дросселей выбирается из расчета допустимой плотности тока (3,5 *а/мм²*). Чаще всего в анодных и сеточных цепях используется однослойная намотка проводом 0,1—0,2 ПЭ. Для намотки типа Универсаль применяются провода ПЭШО и ПШД, а для многослойных намоток ПЭ и ПЭШО. Для дросселей в цепях накала применяют провод ПЭ или ПБД диаметром 0,4—0,8 *мм*. Для увеличения индуктивности дросселей, как и в контурных катушках, применяются сердечники из магнитодиэлектриков. В отличие от контурных катушек, для сердечников дросселей можно применить материал с более высокой проницаемостью, независимо от вносимых им потерь. Применение сердечников из магнитодиэлектриков несколько увеличивает собственную емкость дросселя, но зато позволяет получить более совершенные дроссели малых габаритов.

4,5. ТРАНСФОРМАТОРЫ

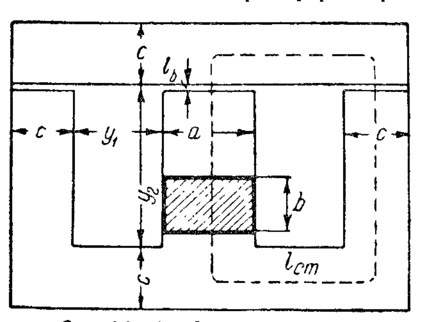
Одной из наиболее распространенных деталей в радиоаппаратуре является трансформатор. Он состоит из двух или нескольких самостоятельных обмоток (катушек), расположенных на одном общем стальном сердечнике. Трансформаторы предназначаются для преобразования переменного тока одного напряжения в ток большего или меньшего напряжения. Трансформаторы, применяемые в выпрямителях для питания радиоаппаратуры, называются силовыми трансформаторами.

Для преобразования переменных токов звуковой частоты применяются так называемые низкочастотные трансформаторы. Они используются



Фиг. 4,18. Форма пластин трансформаторной стали. *а* и *б* — Ш-образная; *в* — Г-образная; *г* — П-образная.

часто для согласования нагрузки между каскадами. В зависимости от занимаемого ими места в схеме они называются также междуламповыми и выходными трансформаторами.



$Q_{cm} = 0{,}9a \cdot b$, $S_{ok} = y_1\ y_2$

$l_{cm} = a + 3c + 2y_1 + 2y_2$

b — толщина набора

Фиг. 4,19. Основные размеры Ш-образной пластины стального сердечника.

Для изготовления сердечников различных трансформаторов радиолюбители пользуются обычно стандартными сортами стали различных размеров и форм, штампованных на заводе. В практике встречаются следующие формы пластин для сердечников: П-образные, Г-образные, Ш-образные (фиг. 4,18). Из этих пластин набираются сердечники нужного сечения. Наиболее распространенными являются пластины Ш-образной формы. Они выпускаются различных размеров. По ширине (в *мм*) средней части обозначается и сама пластина, например, Ш-12, Ш-19, Ш-32 и т. д. Основные размеры Ш-образного сердечника приведены в табл. 4,13 и на фиг. 4,19.

Таблица 4,13

Тип сердечника	a	c	y_1	y_2	l_{cm}	$S_{окна}$
	см	*см*	*см*	*см*	*см*	*см²*
Ш-11	1,1	0,8	1,75	3,2	13,4	5,6
Ш-15	1,5	1,1	1,25	2,7	8,7	3,64
Ш-19	1,9	1,1	1,7	4,6	14,5	7,82
Ш-25	2,5	1,5	2,5	6,0	19,1	15,0
Ш-30	3,0	2,0	2,7	5,4	18,2	14,6

При сборке сердечников с замкнутым магнитопроводом пластины собираются в перекрышку, т. е. так, чтобы стыки пластин первого ряда во втором ряду покрывались сплошной пластинкой, образуя стык уже в другом месте. Это необходимо для уменьшения сопротивления магнитопровода, которое увеличивается при образовании воздушного зазора в стыках между пластинами.

Некоторые типы трансформаторов должны иметь воздушные зазоры. В этом случае пластины сердечника собираются встык с оставлением необходимого воздушного зазора.

Силовой трансформатор. Силовые трансформаторы предназначаются для питания приемников, усилителей и других устройств от сетей переменного тока. Наиболее часто применяются трансформаторы, имеющие четыре обмотки: первичную обмотку для включения в сеть переменного тока; вторичную, повышающую для питания анодных цепей и две понижающих—для питания нитей накала кенотрона и накала ламп (фиг. 4,20).

В любительской практике редко приходится выполнять полный расчет силового трансформатора. Гораздо целесообразнее воспользоваться уже готовыми стандартными силовыми трансформаторами, выпускающимися нашей промышленностью. Поэтому здесь приводятся лишь некоторые практические указания, руководствуясь которыми радиолюбитель может выбрать подходящий трансформатор, отремонтировать сгоревший или приспособить имеющийся для каких-либо специальных случаев. Этих же данных будет достаточно также и для того, чтобы сделать силовой трансформатор самостоятельно.

При выборе силового трансформатора для питания радиолюбительских установок необходимо исходить из мощности и напряжения повышающей и понижающих обмоток. Наиболее употребительными являются трансформаторы мощностью 15, 35, 50, 75 и 100 *вт*. Основные данные силовых трансформаторов приведены в табл. 4,14.

Изготовление трансформатора с другими данными (большей или меньшей мощности и с другим напряжением обмоток), требует подсчета следующих величин: сечения сердечника, числа витков и диаметра провода обмоток.

Упрощенный расчет силового трансформатора. Определение сечения сердечника трансформатора производится по формуле

$$Q_{cm} = \sqrt{P_0},$$

где P_0 — мощность, потребляемая первичной обмоткой трансформатора из сети. Для стали пониженного качества или не специальной, лучше производить подсчет по формуле:

$$Q_{cm} = 1{,}2\sqrt{P_0}$$

Фиг. 4,20. Схема обмоток силового трансформатора.

Наиболее употребительным типом сердечника для силовых трансформаторов является стандартный Ш-образный и П-образный с сечением набора от 6 до 20 *см²*.

Мощность трансформатора P_0 является суммой мощностей, расходуемых в цепях всех вторичных обмоток с учетом к. п. д. трансформатора. Мощности P_3 и P_4 понижающих накальных обмоток определяются как произведение из действующих величин напряжений и сил токов, необходимых для питания ламп. Мощность повышающей обмотки можно определить, исходя из мощности выпрямленного тока, при полной нагрузке, прибавив к ней мощность, теряющуюся в фильтрующем устройстве и в кенотроне:

$$P_2 = I_{выпр} \cdot U_{выпр} + I^2_{выпр} \cdot R_{фильтра},$$

здесь P_2 — мощность повышающей обмотки для переменного тока;
$I_{выпр}$ — ток, потребляемый от выпрямителя;
$U_{выпр}$ — напряжение выпрямленного тока.

Тогда общая мощность всех вторичных обмоток $P_1 = P_2 + P_3 + P_4$.

При определении мощности, потребляемой трансформатором из сети, необходимо учесть к. п. д., который для таких трансформаторов можно принять равным 75—80%. Поэтому полная мощность P_0, потребляемая трансформатором из сети, будет равна: $P_0 = 1{,}25 \cdot P_1 = 1{,}25 \cdot (P_2 + P_3 + P_4 ...)$.

Таблица 4,14

Данные силовых трансформаторов

Мощность трансформатора в *вт*	Сечение сердечника в *см²*	Сетевая обмотка: Число витков	Сетевая обмотка: Марка и диаметр провода	Сетевая обмотка: Напряжение сети (действующее) в *в*	Повышающая обмотка: Напряжение (действующее) в *в*	Повышающая обмотка: Число витков	Повышающая обмотка: Провод	Обмотка накала кенотрона: Напряжение в *в*	Обмотка накала кенотрона: Число витков	Обмотка накала кенотрона: Провод	Обмотка накала ламп: Напряжение в *в*	Обмотка накала ламп: Число витков	Обмотка накала ламп: Провод	Где применялся трансформатор
15	4	1 680 × 2	ПЭ 0,3	110—220	150×2	2 100×2	ПЭ 0,1	4	56	ПЭ 0,7	4	58	ПЭ 0,8	Маломощный для выпрямителей
38	6,5	760 × 2 + 116	ПЭ 0,35 ПЭ 0,44	110—127—220	320	2 280	ПЭ 0,21	4	29	ПЭ 0,55	4	16×2	ПЭ 1,0	Приемник СИ-235
31	7,5	810 + 90	ПЭ 0,46	110—120	265×2	1 960×2	ПЭ 0,15	4	16×2	ПЭ 1,0	4	16,5×2	ПЭ 1,3	Любительский ТС-14
50	7,5	760×2+80+75	ПЭ 0,41 ПЭ 0,55	100—110— —120—220	430×2	3 250×2	ПЭ 0,17	3,8	8,5×2	ПЭ 1,0	3,9	9,5×2	ПЭ 1,45	В приемнике ЭКЛ-4
50	11	530×2+82	ПЭ 0,35 ПЭ 0,45	120—127—220	300×2	1 600×2	ПЭ 0,15	4	20	ПЭ 1,0	4	20	ПЭ 1,0	Завода «Мосрадио»
70	11,5	(400+60) ×2	ПЭ 0,33	110—127—220	290×2	1 170×2	ПЭ 0,16	5	20	ПЭ 0,93	6,3	26	ПЭ 0,98	В приемнике 6Н-1 (новый)
75	11,2	(400+60) ×2	ПЭ 0,33	110—127—220	250×2	865×2	ПЭ 0,18	5	20	ПЭ 0,93	6,3	26	ПЭ 1,0	В приемнике Электросигнал 2
100	21	(240×2) +37	ПЭ 0,44 +ПЭ 0,57	110—127—220	320×2	735×2	ПЭ 0,25	5	12	ПЭ 0,8	6,3	6+9	ПЭ 1,4	В приемнике СВД-9 (новый)
100	16	341+53+288	ПЭ 0,6 ПЭ 0,45	110—127—220	340×2	1 050×2	ПЭ 0,2	5	16	ПЭ 1,0	6,3	10,5×2	ПЭ 1,5	В приемнике Рига Т-689
120	18	(202+31) ×2	ПЭ 0,44	110—127—220	315 290	630×2 600×2	ПЭ 0,15 ПЭ 0,12	5	10 10	ПЭ 1,0 ПЭ 1,0	3,6	13	ПЭ 1,2	В приемнике Ленинград

Для упрощенных расчетов числа витков часто пользуются величиной N — числом витков на 1 *в*. Число витков на 1 *в* определяется из следующих формул: $N = \frac{45}{Q_{cm}}$ — для специальной трансформаторной стали, $N = \frac{60}{Q_{cm}}$ — для худшей стали. Чаще пользуются средней величиной $N = \frac{55}{Q_{cm}}$. Определив, таким образом, величину N, нетрудно подсчитать число витков каждой из обмоток. Так, у первичной обмотки для сети в 110 *в* число витков первичной обмотки $n = N \cdot 110$, а для 220 *в* $= N \cdot 220$. Для повышающей обмотки $n_2 = NU_{2\ эф}$ (для обеих половин).

При ремонте сгоревшего или переделке неподходящего трансформатора можно рекомендовать следующий способ определения числа витков на 1 *в*. Одна из накальных обмоток с известным напряжением разматывается и число ее витков сосчитывается. Полученное число витков делится на напряжение обмотки. Например, обмотка накала ламп напряжением 6,3 *в* состояла из 26 витков; разделив 26 на 6,3, получим 4,1 витка на 1 *в*. Перемножив величину N на напряжения, которые должны иметь остальные обмотки, получим нужные числа их витков.

Напряжение повышающей обмотки силового трансформатора в большинстве случаев выбирается от 350 до 600 *в* (для обеих половин обмоток при двухполупериодном выпрямлении). При самостоятельном изготовлении трансформатора эти данные можно взять из табл. 4.14. Напряжение понижающих обмоток определяется типом ламп: для ламп металлической серии — 6,3 *в*, для старых стеклянных — 4 *в* и для кенотронов в большинстве случаев — 5 *в*.

При необходимости получения большей силы тока, чем та, на которую рассчитана имеющаяся обмотка, необходимо заменить ее новой обмоткой из более толстого провода. Диаметр провода любой обмотки трансформатора определяется из условия допустимой плотности тока на 1 *мм²*. Обычно для всех обмоток трансформатора плотность тока выбирается одинаковой из расчета 3 *а/мм²*; для обмоток накала, имеющих лучшие условия охлаждения, может допускаться плотность тока до 4 *а/мм²*. В зависимости от допустимой плотности тока диаметр провода может быть подсчитан по одной из следующих формул:

$d = 0{,}7\sqrt{I}$ (для плотности тока 2,5 *а/мм²*);
$d = 0{,}6\sqrt{I}$ (для плотности тока 3 *а/мм²*);
$d = 0{,}45\sqrt{I}$ (для плотности тока 4 *а/мм²*),

здесь I — сила тока в *а*;
d — диаметр провода в *мм*.

При изготовлении трансформатора радиолюбитель чаще всего пользуется готовым стандартным сердечником, поэтому здесь не приводится подробный расчет всех размеров пластин и окна. Определив сечение основного сердечника, подбирают такой размер пластины, в окне которого поместились бы все обмотки. Подсчитать площадь, которую займут все обмотки в окне сердечника трансформатора, можно по формуле:

$$S_{окн} = \frac{d_1^2 \cdot n_1 + d_2^2 \cdot n_2 + d_3^2 \cdot n_3 + \dots}{0{,}25},$$

где $S_{окн}$ — площадь окна, которая должна быть занята обмотками;
d — диаметры проводов обмотки (без изоляции);
n — число витков обмоток.

Расчет занимаемого обмотками места в окне можно произвести, пользуясь табл 6,5. В этой таблице указано число витков различных сортов провода, приходящихся на каждый квадратный сантиметр поперечного сечения катушки При определении занимаемого места в окне надо обязательно учитывать место, занимаемое изоляцией между обмотками. Площадь, занимаемая изоляцией, в некоторых случаях может превышать площадь, занимаемую самой обмоткой.

Междуламповые трансформаторы применяются для связи между каскадами в усилителях низкой частоты. Расчет и сборка хорошего трансформатора низкой частоты является сложной задачей и необходимость в этом в любительских условиях встречается сравнительно редко. Поэтому здесь приводятся только общие соображения о данных трансформаторов этого типа.

Сечение сердечников междуламповых трансформаторов обычно равно 2—3 *см²*. Форма пластин — Ш-образная (фиг. 4,18, *б*). Междуламповый трансформатор, как правило, характеризуется коэффициентом трансформации, т. е. отношением числа витков первичной обмотки ко вторичной, величина которого колеблется от 1 : 2 до 1 : 5 для разных трансформаторов. Число витков первичной обмотки у большинства трансформаторов этого типа составляет от 2 000 до 4 000, вторичной обмотки — 4 000 ÷ 15 000 витков. Обмотки междуламповых трансформаторов наматываются обычно проводом ПЭ (реже ПШО, ПЭШО) диаметром 0,08—0,1 *мм*.

Одной из разновидностей междулампового трансформатора является двухтактный (пушпульный) трансформатор От обычного трансформатора он отличается тем, что его вторичная обмотка состоит из двух равных половин, соединенных последовательно. Вывод от соединения обеих половин обмотки называется средней точкой.

Микрофонные трансформаторы также относятся к группе междуламповых трансформаторов, отличаясь от них большим коэффициентом трансформации, достигающим 1 : 10 ÷ 1 : 15. Микрофонные трансформаторы применяются на входе усилителей, работающих от микрофонов. С помощью такого трансформатора постоянный пульсирующий ток микрофона преобразуется во вторичной обмотке в переменное напряжение звуковой частоты Большой коэффициент трансформации позволяет получить на входе усилителя достаточное для его «раскачки» напряжение.

Типовые микрофонные трансформаторы имеют следующие данные для сердечника Ш-20 сечением 4 *см²*: 1) первичная обмотка 1 200 витков со средней точкой, провод ПЭ 0,2—0,3 *мм* для дифференциальных микрофонов. Вторичная обмотка, 12 000 витков, провод ПЭ 0,8—0,1 *мм*; 2) первичная обмотка 800 витков, ПЭ 0,2 *мм*, вторичная обмотка 8 000 витков, ПЭ 0,08—0,1 *мм*.

Выходные трансформаторы служат для того, чтобы при данной нагрузке, например громкоговорителе, получить наивыгоднейшее использование звуковой энергии усилителя низкой частоты. Согласование данных громкоговорителя с оконечной усилительной лампой достигается правильным выбором коэффициента трансформации выходного трансформатора. Величина коэффициента трансформации зависит от внутреннего сопротивления выходной лампы и сопротивления звуковой катушки динамика.

В таблицах ламп 5,1 и 5,4 вместе с внутренним сопротивлением лампы указывается также величина так называемой оптимальной нагрузки R_a, при которой лампа отдает наибольшую неискаженную мощность. Эта величина берется для расчета коэффициента трансформации из табл. 5,1 и 5,4.

Подробный расчет выходного трансформатора из-за его сравнительной сложности здесь не приводится. В любительской практике можно с достаточной точностью рассчитать трансформатор, пользуясь приведенной ниже упрощенной методикой

Задачей расчета выходного трансформатора является отыскание величины коэффициента трансформации количества витков первичной и вторичной обмоток и сечения сердечника.

Расчет производится в следующем порядке. Сначала находится коэффициент трансформации по формуле:

$$n = 1{,}1\sqrt{\frac{R_н}{R_a}}, \qquad (4{,}1)$$

где n — коэффициент трансформации, равный $\frac{w_2}{w_1}$;

$R_н$ — сопротивление звуковой катушки динамика в *ом*;

R_a — требуемая нагрузка для лампы (см. табл. 5,4).

Далее определяется индуктивность первичной обмотки трансформатора L_1 по формуле

$$L_1 = \frac{R_a}{400\,(1+\alpha)}, \qquad (4{,}2)$$

где R_a — внутреннее сопротивление лампы;

α — нагрузочный коэффициент: для триодов 2—3; для пентодов 0,08—0,1.

Затем подсчитывается сечение среднего стержня (сердечника) трансформатора (при отсутствии тока подмагничивания) по формуле:

$$Q_{cm} = 6\sqrt{\frac{P}{L_1}}, \qquad (4{,}3)$$

где P — мощность, отдаваемая лампой в *вт*.

Задавшись размером пластины, толщину набора сердечника трансформатора вычисляем по формуле:

$$b = \frac{Q_{cm}}{0{,}9\,a} \text{ (см. фиг. 4,19)}. \qquad (4{,}4)$$

Теперь можно подсчитать количество витков первичной обмотки трансформатора по формуле:

$$w_1 = 33\sqrt{\frac{R_a \cdot l_{cm}}{Q_{cm}\cdot(1+\alpha)}}. \qquad (4{,}5)$$

Величина l_{cm}, входящая в формулу (4,5), может быть взята из табл. 4,13 или рассчитана по формуле, приведенной на фиг. 4,19. l_{cm} — длина силовой линии магнитного поля в сердечнике трансформатора; w_1—число витков первичной обмотки. Остальные величины встречались ранее.

Диаметр проволоки первичной обмотки подсчитывается по формуле:

$$d_1 = 1{,}2\sqrt{\frac{P}{E_a}}, \qquad (4{,}6)$$

где E_a — напряжение на аноде лампы, *в*.

Количество витков вторичной обмотки находится путем перемножения числа витков первичной обмотки на коэффициент трансформации

$$w_2 = w_1 \cdot n. \qquad (4{,}7)$$

Диаметр проволоки вторичной обмотки определяется по формуле:

$$d_2 = 0{,}4\sqrt{\frac{E_a \cdot n}{R_a}} \quad \text{или} \quad d_2 = \frac{d_1}{n}. \qquad (4{,}8)$$

Все величины, входящие в формулу (4,8), встречались ранее и пояснений не требуют.

После определения всех указанных величин следует проверить, поместится ли обмотка на трансформаторе по так называемому коэффициенту заполнения окна, который равен:

$$F_м = \frac{0{,}008\left(d_1^2 \cdot w_1 + d_2^2 \cdot w_2 + \ldots\right)}{S_{окн}}, \qquad (4{,}9)$$

где d_1; w_1; d_2; w_2 — соответственно диаметры и количества витков обмоток трансформатора; $S_{окн}$ — площадь окна трансформатора, которая может быть взята из табл. 4,13 или рассчитана, как показано на фиг. 4,19.

Для обмоток, выполненных проводом марки ПЭ, коэффициент должен быть не больше 0,15 ÷ 0,2, а для проволоки с более толстой изоляцией— не больше 0,08—0,12.

Коэффициент $F_м$ учитывает также место, необходимое для изоляции между обмотками. Если обмотка не уложится в окно, то следует либо немного уменьшить диаметр провода первичной обмотки, либо уменьшить немного количество витков обмоток, сохраняя коэффициент трансформации неизменным.

Для увеличения мощности усилителя в его выходном каскаде применяют иногда две лампы, соединенные параллельно. Для такой схемы расчет выходного трансформатора производится по тем же формулам. При этом R_i берется равным внутреннему сопротивлению одной лампы, деленному на 2, т. е. на количество ламп, соединенных параллельно, а мощность P — удваивается.

Сопротивление нагрузки R_a также соответственно уменьшается. Нагрузочный коэффициент a остается без изменений.

Параллельное включение двух ламп не рекомендуется, так как при этом сильно возрастает постоянная слагающая анодного тока ламп, протекающего по обмотке трансформатора и условия его работы в связи с этим резко ухудшаются. Чтобы не увеличивать сильно сечение сердечника, рекомендуется при параллельном соединении ламп собирать сердечник с воздушным зазором $l_в$ (см. фиг. 4,19).

Величина этого зазора может быть найдена по формуле:

$$l_в = \frac{10\,l_{cm} + \frac{P_1 w_1}{0{,}3\,E_a}}{100}, \qquad (4{,}10)$$

где l_{cm} — длина магнитной силовой линии в сердечнике;

P_1 — мощность, отдаваемая лампами, *вт*;

w_1 — количество витков первичной обмотки;

E_a — анодное напряжение, *в*.

Количество витков вторичной обмотки находится путем перемножения числа витков первичной обмотки на коэффициент трансформации

$$w_2 = w_1 \cdot n. \qquad (4,7)$$

Диаметр проволоки вторичной обмотки определяется по формуле:

$$d_2 = 0,4\sqrt{\frac{E_a \cdot n}{R_a}} \quad \text{или} \quad d_2 = \frac{d_1}{n}. \qquad (4,8)$$

Все величины, входящие в формулу (4,8), встречались ранее и пояснений не требуют.

После определения всех указанных величин следует проверить, поместится ли обмотка на трансформаторе по так называемому коэффициенту заполнения окна, который равен:

$$F_м = \frac{0,008\left(d_1^2 \cdot w_1 + d_2^2 \cdot w_2 + \ldots\right)}{S_{окн}}, \qquad (4,9)$$

где d_1; w_1; d_2; w_2 — соответственно диаметры и количества витков обмоток трансформатора; $S_{окн}$ — площадь окна трансформатора, которая может быть взята из табл. 4,13 или рассчитана, как показано на фиг. 4,19.

Для обмоток, выполненных проводом марки ПЭ, коэффициент должен быть не больше $0,15 \div 0,2$, а для проволоки с более толстой изоляцией— не больше 0,08—0,12.

Коэффициент $F_м$ учитывает также место, необходимое для изоляции между обмотками. Если обмотка не уложится в окно, то следует либо немного уменьшить диаметр провода первичной обмотки, либо уменьшить немного количество витков обмоток, сохраняя коэффициент трансформации иеизменным.

Для увеличения мощности усилителя в его выходном каскаде применяют иногда две лампы, соединенные параллельно. Для такой схемы расчет выходного трансформатора производится по тем же формулам. При этом R_i берется равным внутреннему сопротивлению одной лампы, деленному на 2, т. е. на количество ламп, соединенных параллельно, а мощность P — удваивается.

Сопротивлеиие нагрузки R_a также соответственно уменьшается. Нагрузочный коэффициент a остается без изменений.

Параллельное включение двух ламп не рекомендуется, так как при этом сильно возрастает постоянная слагающая анодного тока ламп, протекающего по обмотке трансформатора и условия его работы в связи с этим резко ухудшаются. Чтобы не увеличивать сильно сечение сердечника, рекомендуется при параллельном соединении ламп собирать сердечник с воздушным зазором $l_в$ (см. фиг. 4,19).

Величина этого зазора может быть найдена по формуле:

$$l_в = \frac{10\, l_{cm} + \frac{P_1 w_1}{0,3\, E_a}}{100}, \qquad (4,10)$$

где l_{cm} — длина магнитной силовой линии в сердечнике;
P_1 — мощность, отдаваемая лампами, *вт*;
w_1 — количество витков первичной обмотки;
E_a — анодное напряжение, *в*.

Определив величину воздушного зазора, следует пересчитать сечение сердечника по формуле:

$$Q_{cm} = 2{,}5 \cdot 10^5 \frac{L_1 (l_{cm} + 300\, l_в)}{w_1^2} \; см^2, \qquad (4{,}11)$$

здесь L_1 — индуктивность первичной обмотки трансформатора в *гн*;
l_{cm} — длина силовой магнитной линии в сердечнике в *см*;
$l_в$ — длина воздушного зазора в *мм*;
w_1 — количество витков первичной обмотки.

Для расчета трансформатора с воздушным зазором следует рассчитать его сначала без зазора, а затем внести в расчет соответствующие коррективы.

Расчет выходного трансформатора для двухтактных схем выполняется по тем же формулам. Режимы работы ламп в двухтактных схемах сильно отличаются от режима работы тех же ламп в однотактных схемах. Поэтому данные для расчета следует брать из табл. 4,15, где приведены рабочие параметры некоторых типов ламп, обычно работающих в двухтактных схемах.

Таблица 4,15

Режим ламп, работающих в двухтактном каскаде в классе AB_1 и AB_2

Тип лампы	Класс AB_1						Класс AB_2					
	E_a	E_{g_1}	E_{g_2}	P	α	R_a	E_a	E_{g_1}	E_{g_2}	P	α	R_a
	в	*в*	*в*	*вт*	—	*ком*	*в*	*в*	*в*	*вт*	—	*ком*
УО-186	400	— 40	—	8	7,5	37	—	—	—	—	—	—
6Ж7	250	— 20	—	8	1,1	16,5	300	0	—	10	1,3	19,5
6П3 и 6Л6	400	— 20	800	25	0,09	8,0	400	— 25	300	45	0,04	3,8
6Ф6	350	— 25	250	10	0,05	11	350	— 30	250	20	0,03	5,0
2А3	—	—	—	—	—	—	250	0	—	15	3,7	12,0
СО-243	—	—	—	—	—	—	180	0	—	2,0	1,5	47

Лампы двухтактной схемы работают поочередно, поэтому результирующее внутреннее сопротивление равно удвоенному внутреннему сопротивлению лампы при работе в классе А и учетверенное — при работе в классе AB_2.

Количество витков первичной обмотки для этих режимов следует подсчитывать по формуле:

$$w_1 = 20 \sqrt{\frac{R_a\, l_{cm}}{Q_{cm}\,(1 + \alpha)}}, \qquad (4{,}12)$$

а диаметр провода вторичной обмотки по формуле

$$d_2 = 0{,}8 \sqrt{\frac{E_a\, n}{R_н}}. \qquad (4{,}13)$$

Пример. Требуется рассчитать выходной трансформатор для двух ламп 6Л6, работающих в классе AB_2, отдающих полезную мощность

Определив величину воздушного зазора, следует пересчитать сечение сердечника по формуле:

$$Q_{cm} = 2{,}5 \cdot 10^5 \frac{L_1 (l_{cm} + 300\, l_в)}{w_1^2} \text{ см}^3, \tag{4,11}$$

здесь L_1 — индуктивность первичной обмотки трансформатора в *гн*;
l_{cm} — длина силовой магнитной линии в сердечнике в *см*;
$l_в$ — длина воздушного зазора в *мм*;
w_1 — количество витков первичной обмотки.

Для расчета трансформатора с воздушным зазором следует рассчитать его сначала без зазора, а затем внести в расчет соответствующие коррективы.

Расчет выходного трансформатора для двухтактных схем выполняется по тем же формулам. Режимы работы ламп в двухтактных схемах сильно отличаются от режима работы тех же ламп в однотактных схемах. Поэтому данные для расчета следует брать из табл. 4,15, где приведены рабочие параметры некоторых типов ламп, обычно работающих в двухтактных схемах.

Таблица 4,15

Режим ламп, работающих в двухтактном каскаде в классе $АВ_1$ и $АВ_2$

Тип лампы	Класс $АВ_1$						Класс $АВ_2$					
	E_a	E_{g_1}	E_{g_2}	P	α	R_a	E_a	E_{g_1}	E_{g_2}	P	α	R_a
	в	*в*	*в*	*вт*	—	*ком*	*в*	*в*	*в*	*вт*	—	*ком*
УО-186	400	—40	—	8	7,5	37	—	—	—	—	—	—
6Ж7	250	—20	—	8	1,1	16,5	300	0	—	10	1,3	19,5
6П3 и 6Л6	400	—20	800	25	0,09	8,0	400	—25	300	45	0,04	3,8
6Ф6	350	—25	250	10	0,05	11	350	—30	250	20	0,03	5,0
2А3	—	—	—	—	—	—	250	0	—	15	3,7	12,0
СО-243	—	—	—	—	—	—	180	0	—	2,0	1,5	47

Лампы двухтактной схемы работают поочередно, поэтому результирующее внутреннее сопротивление равно удвоенному внутреннему сопротивлению лампы при работе в классе А и учетверенное — при работе в классе $АВ_2$.

Количество витков первичной обмотки для этих режимов следует подсчитывать по формуле:

$$w_1 = 20 \sqrt{\frac{R_a\, l_{cm}}{Q_{cm}\,(1+\alpha)}}, \tag{4,12}$$

а диаметр провода вторичной обмотки по формуле

$$d_2 = 0{,}8 \sqrt{\frac{E_a\, n}{R_н}}. \tag{4,13}$$

Пример. Требуется рассчитать выходной трансформатор для двух ламп 6Л6, работающих в классе $АВ_2$, отдающих полезную мощность

около 45 *вт* и работающих на трансляционную линию с сопротивлением в 400 *ом* ($R_н = 400$ *ом*).

1. Коэффициент трансформации (по формуле 4,1)

$$n = 1{,}1 \sqrt{\frac{R_н}{R_a}} = 1{,}1 \sqrt{\frac{400}{3\,800}} = \frac{1}{2{,}9}.$$

2. Индуктивность первичной обмотки (по формуле 4,2)

$$L_1 = \frac{R_a}{400\,(1+\alpha)} = \frac{3\,800}{400\,(1+0{,}04)} = 9{,}5 \text{ гн}.$$

3. Сечение среднего стержня трансформатора (по формуле 4,3)

$$Q_{cm} = 6 \sqrt{\frac{P}{L_1}} = 6 \sqrt{\frac{45}{9{,}5}} = 13.$$

Выбираем сердечник типа Ш-25 и рассчитываем толщину набора:

$$b = \frac{Q_{cm}}{0{,}9\,a} = \frac{13}{0{,}9 \cdot 25} = 5{,}8.$$

4. Количество витков первичной обмотки (формула 4,12)

$$w_1 = 20 \sqrt{\frac{R_a\, l_{cm}}{Q_{cm}(1+\alpha)}} = 20 \sqrt{\frac{3\,800 \cdot 19}{13 \cdot (1+\alpha)}} \approx 1\,450 \text{ витков}$$

с отводом от 725 витка.

5. Диаметр проволоки (формула 4,6)

$$d_1 = 1{,}2 \sqrt{\frac{P}{E_a}} = 1{,}2 \sqrt{\frac{45}{400}} \approx 0{,}4.$$

6. Количество витков вторичной обмотки

$$w_2 = w_1\, n = 1\,450 \cdot \frac{1}{2{,}9} = 500 \text{ витков}.$$

7. Диаметр провода (формула 4,13):

$$d_2 = 0{,}8 \sqrt{\frac{E_a \cdot n}{R_н}} = 0{,}8 \sqrt{\frac{400}{400} \cdot \frac{1}{2{,}9}} = 0{,}47 \text{ мм}.$$

Округляя, берем провод диаметром 0,5 *мм*.

8. Проверяем, поместятся ли обмотки в окне трансформатора путем определения коэффициента заполнения окна

$$F_м = \frac{0{,}008\,(d_1^2 \cdot w_1 + d_2^2 \cdot w_2)}{S_{окн}} = \frac{0{,}008\,(0{,}4^2 \cdot 1\,450 + 0{,}47^2 \cdot 500)}{15{,}0} = 0{,}19,$$

где $S_{окн}$ — площадь окна сердечника (берется из табл. 4,13).

Коэффициент $F_м$ укладывается в норму, поэтому можно быть уверенным, что обмотка поместится в окне сердечника.

Данные некоторых фабричных выходных трансформаторов приведены в табл. 4,16.

Таблица 4,16

Данные выходных трансформаторов

Трансформатор от приемника	1-я обмотка		2-я обмотка		Тип выходной лампы	Тип сердечника	Сечение сердечника в $см^2$
	Число витков	Диаметр провода в *мм*	Число витков	Диаметр провода в *мм*			
6Н-1 (динамик ДА-37) . . .	2 660	ПЭ 0,13	48	ПЭ 0,7	6Ф6	Ш-18	3,2
СВД-9	2 796	ПЭ 0,19	32	ПЭ 0,8	6Л6	Ш	4
			420	ПЭ 0,27	(Корректирующая обмотка)		
Родина	2 000×2	ПЭЛ 0,1	33	ПЭ 0,8	2Ж2М двухтактный	ЭТ 33/3	—
Москвич . . .	2 500	ПЭЛ 0,12	54	ПЭЛ 0,7	30П1М	Ш-16	3
ВЭФМ-557 . .	—	—	—	—	—	—	—
Рекорд	1 800	ПЭЛ 0,12	32—53	ПЭ 0,55	30П1М	Ш-16	2,5
			1 500	ПЭ 0,1	(Для включения добавочного электромагнитного громкоговорителя типа Рекорд)		
Салют	4 000	ПЭ 0,13	86	ПЭ 0,6	6Ф6	Ш-20	5
6Н-25 (7Н-27)	2 000×2	ПЭЛ 0,12	50	ПЭЛ 0,5	6Ф6 двухтактный	Ш-20	4

4,6. ДРОССЕЛИ С СЕРДЕЧНИКОМ

Дросселем низкой частоты называется катушка с большой индуктивностью. Для увеличения индуктивности в ней обычно применяется замкнутый стальной сердечник. Дроссели низкой частоты используются в фильтрах выпрямителей, в цепях нагрузки усилителей и в цепях тонкоррекции. В дросселях, работающих в цепях пульсирующих токов, применяются сердечники с воздушными зазорами для уменьшения намагничивающего действия постоянным током питающей батареи.

Индуктивность дросселя фильтра лежит обычно в пределах от 20 до 50 *гн*. Большое влияние на индуктивность дросселя оказывает постоянная составляющая выпрямленного тока. Для уменьшения этого влияния в сердечнике дросселя делается воздушный зазор. Для этого сердечник дросселя собирается не вперекрышу, а встык.

Подсчет основных данных дросселя производится в следующем порядке. Задаются величиной необходимой индуктивности L в *гн* и величиной тока подмагничивания I_0. Тогда сечение сердечника определяется по формуле:

$$S_{cm} = 12 I_0 \sqrt{L}.$$

Число витков определяется по формуле

$$n = 1\,200 \sqrt{L};$$

ширина воздушного зазора (в *см*)

$$l_в = \frac{n I_0}{500}.$$

Диаметр проволоки определяется обычным для трансформаторов способом.

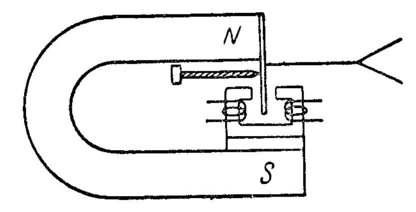
Данные наиболее употребительных фабричных дросселей приведены в табл. 4,17.

Таблица 4,17

Тип дросселя	Число витков	Диаметр провода в *мм*	Сопротивление в *ом*	Сечение сердечника в $см^2$	Тип сердечника
ДЗ (новый)	7 000	0,2	650	8,6	Ш-20
ДС-60	7 000	0,2	500	7	Ш-32
От приемника СВД-М .	6 500	0,13	900	2	

4,7. ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Громкоговорители являются электроакустическими преобразователями электрической энергии в звуковую энергию. По своему устройству громкоговорители разделяются на три следующие группы: 1) электромагнитные громкоговорители, 2) электродинамические громкоговорители и 3) пьезоэлектрические громкоговорители.



Фиг. 4,21. Схема устройства электромагнитного говорителя типа „Рекорд".

Громкоговорители характеризуются следующими показателями:

1. Номинальной мощностью, т. е. такой подводимой к нему мощностью, которую он способен длительно выдерживать без тепловой и механической перегрузки или при коэффициенте нелинейных искажений, не превышающем 10%. Иногда эту мощность называют неискаженной мощностью. Коэффициент полезного действия громкоговорителей очень мал — порядка 1%.

Мощность громкоговорителей выражается в вольтамперах или милливольтамперах, иногда в ваттах или милливаттах.

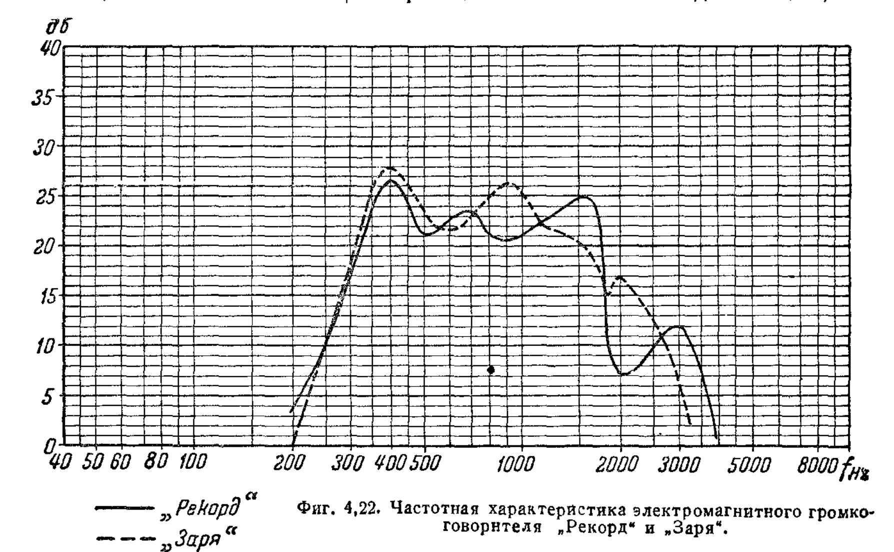
2. Чувствительностью, являющейся отношением величины звукового давления, создаваемого громкоговорителем на расстоянии 1 *м* по его оси, к напряжению, подводимому к громкоговорителю. Чувствительность выражается в *бар/в*.

3. Полосой воспроизводимых частот определяемой по частотной характеристике говорителя.

4. Коэффициентом нелинейных искажений, измеряемым при нормальной мощности на различных частотах.

5. **Характеристикой направленности** — диаграммой распределения звукового давления в окружающем пространстве. Характеристика направленности представляет интерес, главным образом, для мощных громкоговорителей, предназначенных для озвучения улиц и площадей, а также очень больших помещений

Электромагнитный громкоговоритель имеет диффузор жестко связанный с железным якорьком, помещенным в поле электромагнита. По обмотке этого магнита пропускается электрический ток звуковой частоты, вследствие чего якорек приходит в колебательное движение и, в



Фиг. 4,22. Частотная характеристика электромагнитного громкоговорителя „Рекорд" и „Заря".

свою очередь, колеблет диффузор. Общий принцип устройства электромагнитного громкоговорителя понятен из фиг. 4,21. Наиболее распространенным громкоговорителем этого типа является «Рекорд». Номинальная мощность громкоговорителей этого типа в большинстве случаев составляет 0,1—0,2 *ва* (100—200 *мва*). Полоса воспроизводимых частот простирается обычно от 250 до 3 000 *гц* при неравномерности ± 10 *дб*. Чувствительность таких громкоговорителей в лучших образцах достигает 0,1 *бар/в*.

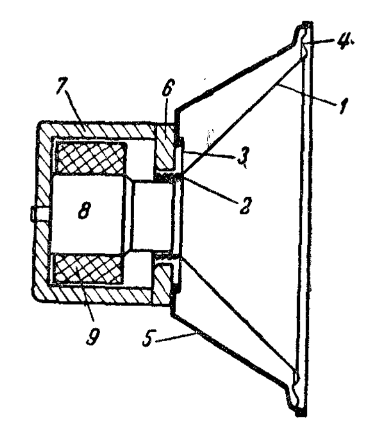
Примерная частотная характеристика электромагнитных громкоговорителей приведена на фиг. 4,22.

Электродинамические громкоговорители, называемые обычно динамиками, имеют легкую небольшую катушку, помещенную в сильном магнитном поле, создаваемом постоянным магнитом или электромагнитом. С катушкой связан диффузор. Представление об общем принципе устройства такого громкоговорителя дает фиг. 4,23. При пропускании через катушку тока звуковой частоты катушка вследствие взаимодействия между током и магнитным полем приходит в движение и колеблет всю подвижную систему динамика.

Динамики рассчитываются на различные мощности, примерно от четверти вольтампера до нескольких десятков вольтампер. Комнатные динамики, предназначенные для трансляционных сетей, бывают обычно мощностью до 0,5 *ва*, а динамики для приемников — до 5 *ва*, чаще всего около 3 *ва*. Полоса воспроизводимых частот простирается примерно от 70 до 6 000 *гц* при неравномерности ± 12 *дб*. Частотная характеристика динамического громкоговорителя приведена на фиг. 4,24.

Электродинамические громкоговорители являются наиболее высококачественными из современных громкоговорителей.

В пьезоэлектрических громкоговорителях используется пьезоэффект кристаллов сегнетовой соли. При подведении напряжения звуковой частоты к пьезоэлементу, сделанному из кристалла сегнетовой соли, пьезоэлемент начинает изгибаться в соответствии с изменениями тока и колеблет связанный с ним диффузор. Общее представление об устройстве двух наиболее распространенных систем пьзоэлектрических громкоговорителей дает фиг. 4,25. В пьезоговорителях чаще всего применялись пьезоэлементы размерами 30×30 *мм*.



Фиг. 4,23. Устройство динамического громкоговорителя.

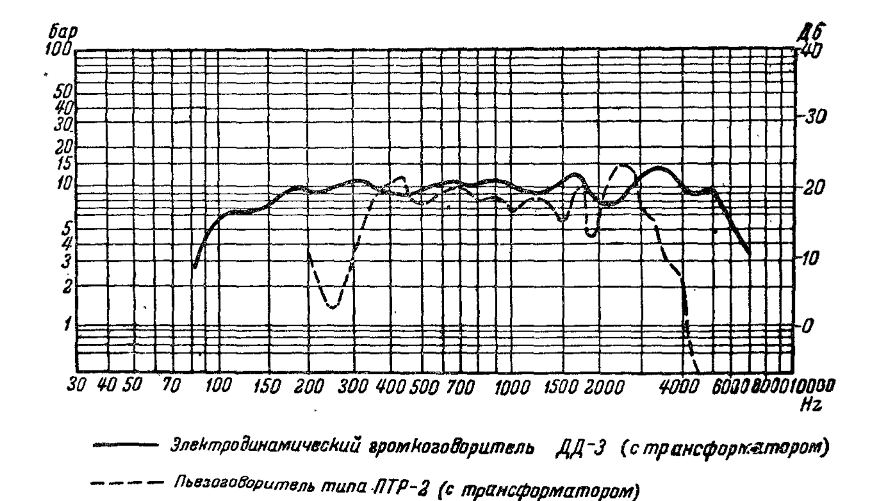
1 — диффузор; *2* — звуковая катушка; *3* — шайба; *4* — гофр; *5* — держатель диффузора; *6*—полюсные наконечники; *7* — стакан; *8* — керн; *9* — обмотка подмагничивания.

Акустические качества существующих пьезоговорителей не хуже, чем у электромагнитных громкоговорителей. Полоса воспроизведения в лучших образцах пьезоговорителей охватывает частоты от 250 до 3 000—3 500 *гц*, обычно она несколько уже, при неравномерности около 10—12 *дб*. Средняя чувствительность пьезоговорителей порядка 0,25 *бар/в*.

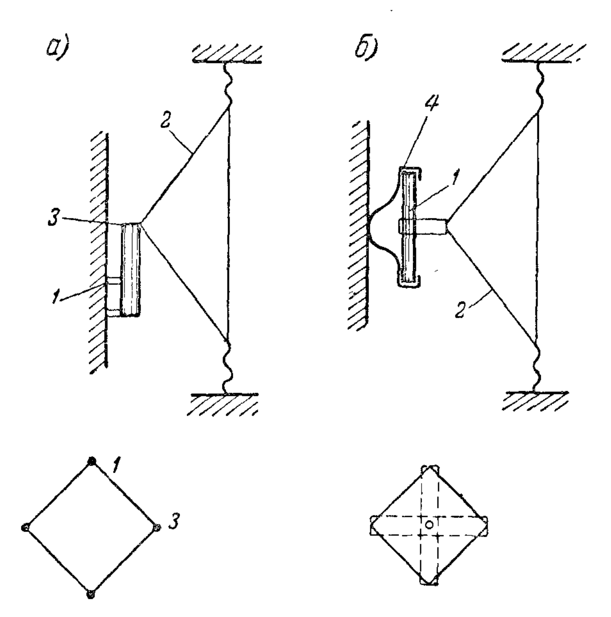
Примерная частотная характеристика пьезоговорителя приведена на фиг. 4,24.

Схемы включения громкоговорителей. Электромагнитные громкоговорители в настоящее время выпускаются только высокоомного типа, т. е. с сопротивлением звуковой катушки примерно в 1 000—2 000 *ом*. Такие громкоговорители непосредственно включаются в трансляционную сеть или в анодную цепь выходной лампы приемника. Это не представляет для них опасности, так как такие громкоговорители не применяются в приемниках с мощными выходными лампами, потребляющими большой анодный ток. Дополнительные электромагнитные громкоговорители включаются в приемники, имеющие собственные динамики, обычно по схеме, представленной на фиг. 4,26. В этой схеме громкоговоритель включается между анодом и катодом выходной лампы через конденсатор емкостью в 1—2 *мкф*. Разумеется рабочее напряжение конденсатора *С* должно быть больше анодного напряжения, иначе конденсатор может пробиться. Таким же способом можно присоединить к любому приемнику и пьезоэлектрический громкоговоритель.

Динамические громкоговорители выпускаются исключительно с низкоомной звуковой катушкой, сопротивлением порядка 2—5—12 *ом*. Громкоговорители с таким сопротивлением нельзя непосредственно включать в трансляционную сеть и в приемники. Поэтому их включение производится через специальные понижающие трансформаторы. Схема включения приведена на фиг. 4,27. Данные трансформатора долж-



Фиг. 4,24. Частотные характеристики электродинамического громкоговорителя ДД-3 и пьезоговорителя ПТР-2.

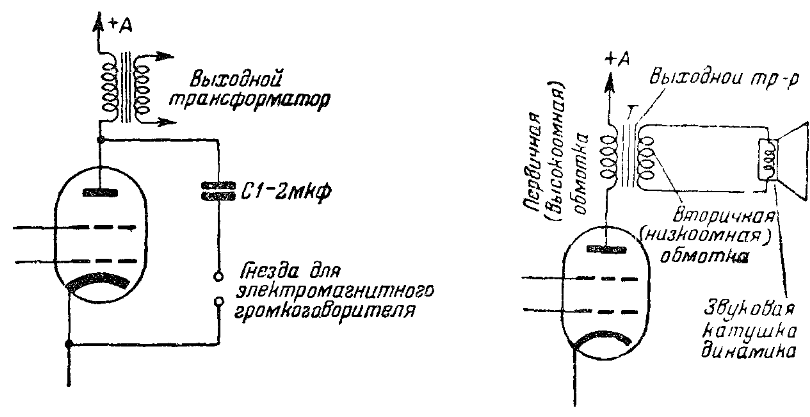


Фиг. 4,25. Схема устройства пьезоговорителей.
а) 1 — столбик, крепящий пьезоэлемент; 2 — диффузор; 3 — угол пьезоэлемента, скрепленный с диффузором; *б)* 1 — пьезоэлемент; 2 — диффузор; 3—держатель пьезоэлемента.

ны быть согласованы с сопротивлением динамика и параметрами выходной лампы. Способы простейшего расчета выходных трансформаторов приведены на стр. 90, а данные некоторых наиболее типичных выходных трансформаторов приведены в табл. 4,16.

У динамиков, имеющих постоянный магнит, с приемником соединяется только звуковая катушка. К динамику с подмагничиванием должно еще быть подведено напряжение питания катушки подмагничивания.

Динамики с постоянным магнитом обеспечивают меньшую зависимость работы приемника от напряжения источника питания. Кроме того, они не нуждаются в дополнительной энергии на подмагничивание и поэтому являются наиболее подходящими для батарейных приемников.



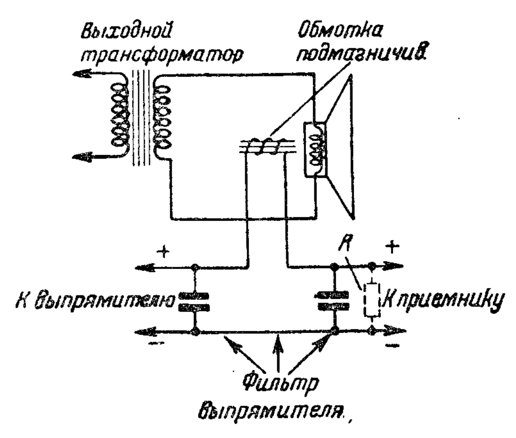
Фиг. 4,26 Способ включения дополнительного электромагнитного громкоговорителя.

Фиг. 4,27. Схема включения динамика.

У большинства динамиков катушка подмагничивания имеет сопротивление всего в несколько сотен ом. Такие катушки подмагничивания рассчитаны на включение их в качестве дросселей в фильтры выпрямителей. Подобная схема включения катушки подмагничивания приведена на фиг. 4,28. Если ток, потребляемый приемником от выпрямителя, слишком мал для подмагничивания динамика, то параллельно выходу выпрямителя включается проволочное нагрузочное сопротивление *R*, показанное на фиг. 4,28 пунктиром. Сопротивление *R* проволочное, его величина должна обеспечить нужный ток подмагничивания и определяется по закону Ома. Таким образом, исходными величинами для его определения являются напряжение на выходе выпрямителя и ток, который нужно пропустить через *R*. Обычно величина *R* колеблется в пределах 15 000—20 000 *ом*. Если динамик имеет высокоомную катушку подмагничивания сопротивлением порядка 10 000 *ом*, то она питается или от отдельного выпрямителя или же присоединяется параллельно выходу выпрямителя, как это показано на фиг. 4,29. Дроссель фильтра выпрямителя *Др* в этой схеме должен быть рассчитан на суммарный ток, потребляемый приемником и обмоткой подмагничивания динамика *КП*.

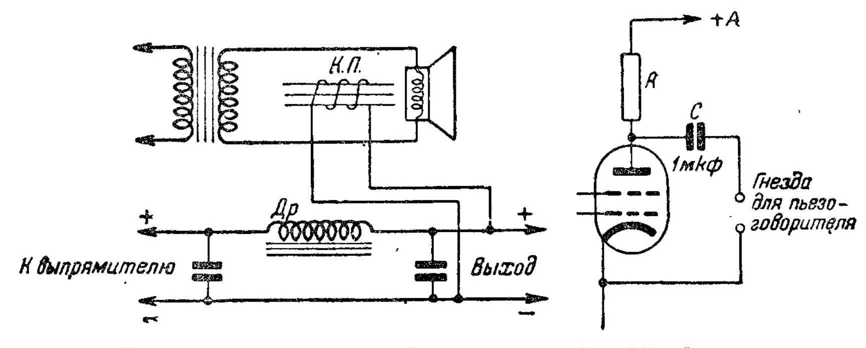
Способы включения пьезоэлектрических громкоговорителей определяются двумя обстоятельствами: во-первых, необходимым для их нормальной работы напряжением порядка 50—60 *в* и, во-вторых, тем, что

они, представляя собой конденсатор, не пропускают постоянный ток. Пьезоэлектрический громкоговоритель нельзя поэтому включать непосредственно в анодную цепь выходной лампы приемника, так как при этом анодная цепь окажется разорванной для постоянного тока. Проще всего включить пьезоговоритель по схеме фиг. 4,30. В этой схеме в анодную цепь выходной лампы включено сопротивление R, а пьезоговоритель присоединен к анодной цепи через разделительный конденсатор C емкостью примерно от 0,5 до 2 *мкф*. Величина сопротивления R подбирается применительно к лампе, в среднем оно должно быть около 20 000 *ом*. Вместо сопротивления R можно применить подходящий дроссель низкой частоты. Если у пьезоговорителя есть трансформатор, то он при присоединении громкоговорителя по такой схеме должен быть отсоединен.



Фиг. 4,28. Использование обмотки подмагничивания динамика в качестве дросселя фильтра.

Напряжение трансляционных сетей обычно недостаточно для нормальной работы пьезоговорителей, так как фактически оно в большинстве случаев оказывается значительно меньше номинального напряжения



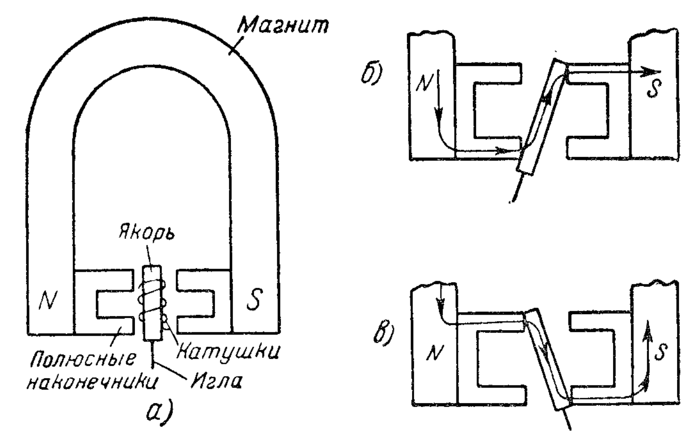
Фиг. 4,29. Параллельное присоединение обмотки подмагничивания динамика к фильтру выпрямителя.

Фиг. 4,30. Схема включения пьезоговорителя.

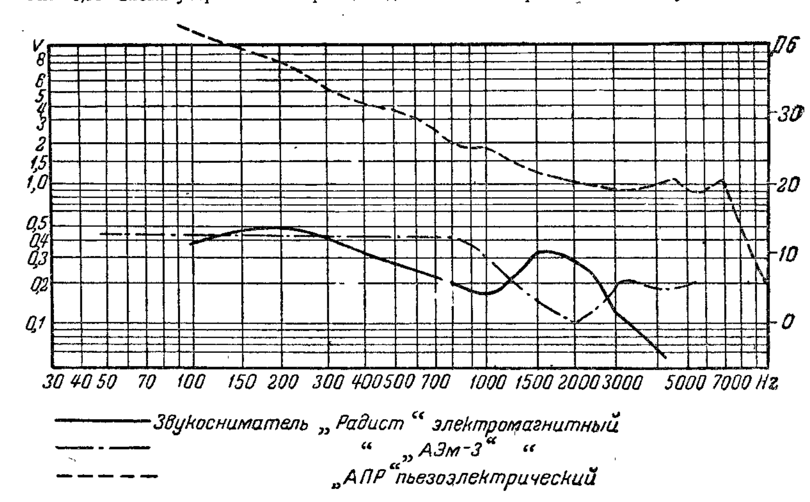
в 15 или 30 *в*. Поэтому пьезоговоритель приходится включать в трансляционную сеть через повышающий трансформатор с отношением числа витков обмоток от 1 : 3 до примерно 1 : 10, в зависимости от фактического напряжения сети. Для такого трансформатора достаточно сечение сердечника 1 *см*^{2} или 0,5 *см*^{2}. Число витков во вторичной обмотке около 4 000, первичной — около 2 000 с отводами. Повышающий трансформатор такого типа нужен также и при присоединении пьезоэлектрического громкоговорителя к маломощным приемникам, например, детекторному или одноламповому.

4,8. ЗВУКОСНИМАТЕЛИ (ГРАММОФОННЫЕ АДАПТЕРЫ)

Звукосниматели являются электроакустическими приборами, предназначенными для электрического воспроизведения звукозаписи на граммофонных пластинках. Они преобразуют механические колебания иглы в соответствующие колебания электрического напряжения. Практическое распространение получили звукосниматели двух типов: электромагнитные и пьезоэлектрические, иногда называемые кристаллическими.

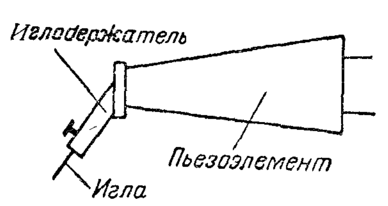


Фиг. 4,31. Схема устройстаа и принцип действия электромагнитного звукоснимателя.



Фиг. 4,32. Частотные характеристики звукоснимателей.

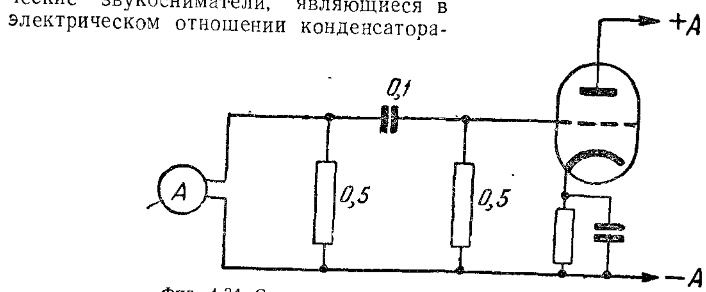
Принцип устройства и действия электромагнитного звукоснимателя понятен из фиг. 4,31. Чувствительность электромагнитных звукоснимателей колеблется обычно в пределах от 0,1 до 0,3 *в*, т. е. звукосниматель при проигрывании пластинок развивает напряжение указанного порядка. Полоса воспроизводимых ими частот обычно находится в пределах от нескольких десятков герц до 3 000—4 000 *гц*. Частотные характеристики двух наших электромагнитных звукоснимателей приведены на фиг. 4,32.



Фиг. 4,33. Устройство пьезоадаптера.

Действие пьезоэлектрического звукоснимателя основано на пьезоэффекте кристаллов сегнетовой соли. Игла в таком звукоснимателе жестко связана с пьезоэлементом (фиг. 4,33) и при следовании по звуковой борозде скручивает пьезоэлемент в том или ином направлении, вследствие чего на пьезоэлементе возникает напряжение, пропорциональное углу его скручивания. Пьезоэлектрический звукосниматель несколько подчеркивает низкие частоты, воспроизводя в общем полосу частот примерно от 50 до 7 000—8 000 *гц*. Частотная характеристика такого звукоснимателя приведена на фиг. 4,32. Напряжение, развиваемое пьезозвукоснимателем в несколько раз превосходит напряжение, развиваемое электромагнитным звуконосителем, колеблясь в пределах примерно от 1 до 3 *в*.

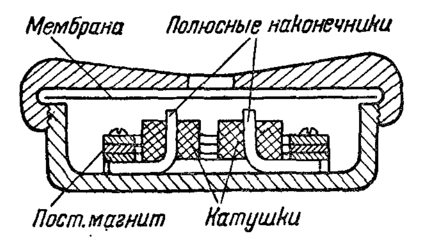
Электромагнитные звукосниматели присоединяются к сопротивлению регулятора громкости приемника или усилителя или же непосредственно к сетке — катоду лампы. Пьезоэлектрические звукосниматели, являющиеся в электрическом отношении конденсаторами, должны быть обязательно присоединены к сопротивлению, иначе цепь сетки лампы будет разорвана. Они могут быть присоединены непосредственно к сопротивлению регулятора громкости приемника, но лучшие результаты дает схема, приведенная на фиг. 4,34. Подбором емкости конденсатора можно изменять тембр воспроизведения.



Фиг. 4,34. Схема присоединения пьезозвукоснимателя.

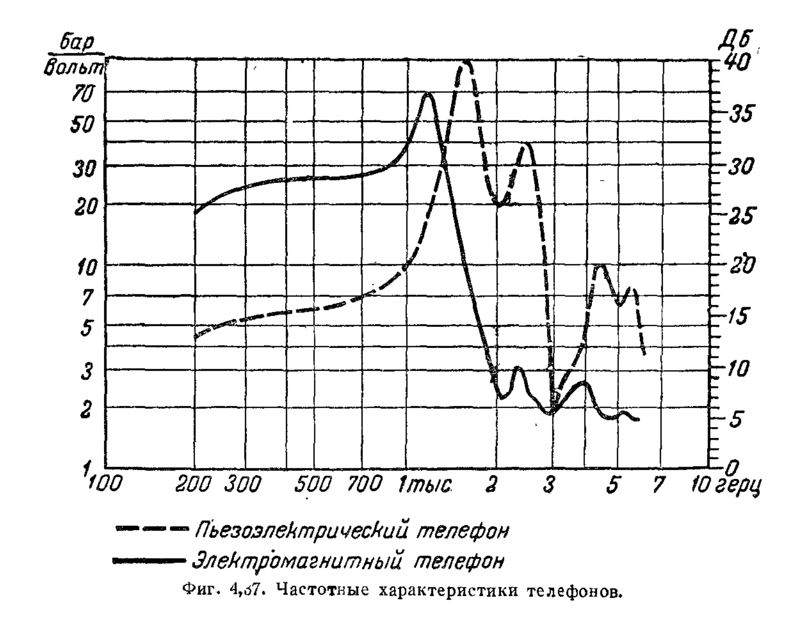
4,9. ТЕЛЕФОНЫ

Телефоны являются электроакустическими преобразователями, превращающими электрическую энергию в звуковую энергию. В принципе они совершенно подобны громкоговорителям и отличаются от них лишь гораздо меньшей мощностью и значительно большей чувствительностью. В настоящее время распространены телефоны двух типов: электромагнитные и пьезоэлектрические. Устройство электромагнитных телефонов показано на фиг. 4,35.



Фиг. 4,35. Устройство электромагнитного телефона.

Фиг. 4,36. Устройство пьезотелефона.



Фиг. 4,37. Частотные характеристики телефонов.

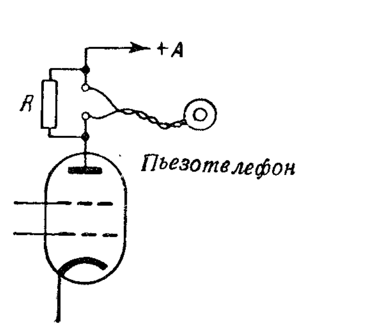
Конструкция пьезоэлектрических телефонов показана на фиг. 4,36. По существу она совершенно подобна конструкции пьезоговорителей, разница заключается лишь в размерах.

Электромагнитные телефоны для радиоприемников делаются с сопротивлением звуковых катушек примерно от 800 до 2 000 *ом*. Полоса воспроизводимых ими частот находится в пределах от 300 до 2 500 *гц*. Примерная частотная характеристика электромагнитного телефона приведена на фиг. 4,37. Чувствительность телефонов велика — около 10—14 *бар/в*. Полное сопротивление одного телефона на частоте 100 *гц*

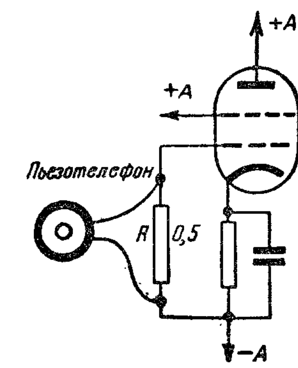
составляет около 10 000 *ом*. Два электромагнитных телефона с оголовьем соединяются последовательно.

Полоса частот, воспроизводимых пьезоэлектрическими телефонами, примерно такая же, как у электромагнитных, т. е. от 200—300 до 3 000—3 500 *гц*. Средняя их чувствительность 13—18 *бар/в*. Частотная характеристика приведена на фиг. 4,37. Пьезотелефоны в электрическом отношении представляют собой емкость порядка 2 000 *пф*. Два пьезотелефона в оголовьи соединяются параллельно.

Полное сопротивление одного пьезотелефона на частоте 1 000 *гц* составляет около 60 000—80 000 *ом*. Пьезотелефоны благодаря их большому сопротивлению выгодно применять в детекторных приемниках. При их применении цепь детектор-телефон вносит в контур приемника меньшее затухание, чем электромагнитный телефон. В результате общая чувствительность и избирательность детекторного приемника при пользовании пьезотелефоном получаются более высокими. Так как пьезотелефон представляет собой емкость, то он не нуждается в блокировочных конденсаторах, что упрощает устройство детекторных приемников. Пьезотелефоны нельзя непосредственно включать в анодные цепи ламповых приемников, так как они не пропускают постоянную слагающую анодного тока. Поэтому при включении пьезотелефона в анодную цепь приемника необходимо параллельно ему присоединить постоянное сопротивление R, величина которого должна составлять несколько десятков или несколько сотен тысяч *ом*. В каждом отдельном случае подходящую величину этого сопротивления желательно подобрать опытным путем (фиг. 4,38).



Фиг. 4,38. Схема включения пьезотелефонов.



Фиг. 4,39. Схема включения пьезотелефона в качестве микрофона.

Пьезотелефоны можно использовать как микрофон. Для этой цели телефон присоединяют к цепи сетка-катод лампы с обязательно присоединенным параллельно трубкам постоянным сопротивлением R, величина которого должна быть около 0,5 *мгом* (фиг. 4,39). Пьезоэлектрические телефоны в качестве микрофона очень чувствительны, но их частотная характеристика недостаточно хороша для передачи музыкальных произведений. Для передачи же разговорной речи они вполне пригодны и благодаря их чувствительности и простоте использования их следует предпочесть угольным микрофонам.

Глава пятая

РАДИОЛАМПЫ

Выбор ламп и обеспечение нормальных условий их работы являются одной из основных задач, которую радиолюбитель должен решить, приступая к постройке или налаживанию радиоаппаратуры. Все радиолампы характеризуются величинами, определяющими режим их питания и рабочие качества. Режим питания характеризуется данными напряжения и тока накала, напряжениями на аноде и на сетках ламп. Рабочие качества радиоламп характеризуются их параметрами, к числу которых относятся: коэффициент усиления μ, крутизна S и внутреннее сопротивление R_i. Кроме того, в ряде случаев необходимо знать наибольшее допустимое переменное напряжение, которое может быть подведено к лампе и усилено без больших искажений, величину полезной неискаженной мощности, величину постоянной слагающей анодного тока для различных режимов работы лампы и т. д. Все эти данные легко получить из так называемых сеточных и анодных характеристик лампы.

5,1. ПАРАМЕТРЫ РАДИОЛАМП

Основными параметрами всех радиоламп (кроме выпрямительных) считаются следующие:

μ — коэффициент усиления (отвлеченное число);
S — крутизна (выражается числом *ма/в*);
R_i — внутреннее сопротивление (в *ом*).

Кроме этого, при расчетах ламповых схем пользуются иногда параметром G — добротность лампы (выражается обычно в *мвт/в²*).

Все параметры определяются только для прямолинейного участка характеристики и являются постоянной величиной лишь для этого участка.

Между основными параметрами лампы существует зависимость

$$\mu = SR_i,$$

где S — в *а/в*, R_i — в *ом*. Эта зависимость называется основным ламповым уравнением. Вместо коэффициента усиления иногда пользуются обратной его величиной $D = \frac{1}{\mu}$, называемой проницаемостью. С помощью лампового уравнения можно, зная два параметра, найти третий по производным формулам:

$$R_i = \frac{\mu}{S}; \quad S = \frac{\mu}{R_i}.$$

В эти формулы значения крутизны S можно подставлять в *ма/в*, а сопротивления R_i — в тыс. *ом*, что значительно упрощает вычисления

Коэффициент усиления μ показывает, во сколько раз действие на анодный ток 1 *в* напряжения на сетке сильнее действия 1 *в* анодного напряжения.

Коэффициент усиления определяется из выражения

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g},$$

где ΔU_a — приращение анодного напряжения в *в*;

ΔU_g — приращение напряжения на сетке в *в*, вызывающее такое же изменение анодного тока, как ΔU_a.

Крутизна S — характеризует зависимость изменения анодного тока от изменения напряжения на управляющей сетке при постоянном анодном напряжении

$$S=\frac{\Delta I_a}{\Delta U_g}\ (\text{при } U_a=\text{const}),$$

где ΔI — изменение анодного тока в *ма*;

ΔU_g — изменение напряжения на сетке в *в*.

Практически величина S показывает, на сколько миллиампер изменится анодный ток при изменении сеточного напряжения на 1 *в*.

Внутренее сопротивление лампы переменному току R_i определяется только для прямолинейной части характеристики из выражения:

$$R_i=\frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}\ (\text{при } U_g=\text{const})$$

в отличие от сопротивления постоянному току, равного $R_n=\frac{U_a}{I_a}$.

В этих выражениях U_a — напряжение в *в*, I_a — ток в *а*.

Сопротивление R_i в пределах прямолинейной части характеристики остается постоянной величиной. Сопротивление же постоянному току все время изменяется в зависимости от напряжения на сетке и не является важным для расчетов параметров.

Добротность G является производным параметром и равно произведению $\mu\cdot S$. Этот параметр характеризует качество лампы в целом, так как усиление, получаемое в каскаде при максимально возможном использовании всех параметров лампы, пропорционально $\sqrt{G}$.

Обычно в справочных таблицах радиоламп, кроме данных о питании и параметрах, указываются еще следующие величины: оптимальное сопротивление нагрузки, выходная мощность, максимальная мощность рассеяния на аноде и емкость цепи анод — управляющая сетка. Ниже дается краткая характеристика этих величин.

Сопротивление нагрузки R_a. Эта величина показательна преимущественно для выходных ламп, так как при оптимальном сопротивлении нагрузки от лампы можно получить наибольшую неискаженную мощность. R_a может быть определено из выражения

$$R_a=R_i\cdot\alpha,$$

где R_i — внутреннее сопротивление лампы;

α — коэффициент, характеризующий наивыгоднейшее отношение внутреннего сопротивления лампы и внешней нагрузки, при котором получается наибольшая отдача неискаженной мощности.

Для оконечных триодов $\alpha=2$—3, а для пентодов и лучевых ламп $\alpha=0{,}08$—0,09.

Выходная мощность P_k—величина, показывающая, какую мощность звуковой частоты можно снять с лампы при нормально допустимом проценте искажений. P_k определяется по одной из следующих формул

$$P_k=\frac{U^2_a}{16\cdot R_i};\quad P_k=\frac{I^2_{ma}R_a}{2};\quad P_k=\frac{\mu\cdot SU^2_{mg}}{9},$$

где I_{ma} — амплитуда переменной составляющей анодного тока в *ма* (находится по ламповой характеристике);

S — крутизна лампы в *ма/в* (берется из таблицы);

U_{mg} — амплитуда напряжения возбуждения в *в* (для приближенных вычислений можно брать величину напряжения смещения, равную — U_g);

P_k — неискаженная мощность в *мвт.*

Обычно величина максимальной неискаженной мощности составляет 10—25% от максимально-допустимой мощности рассеяния на аноде.

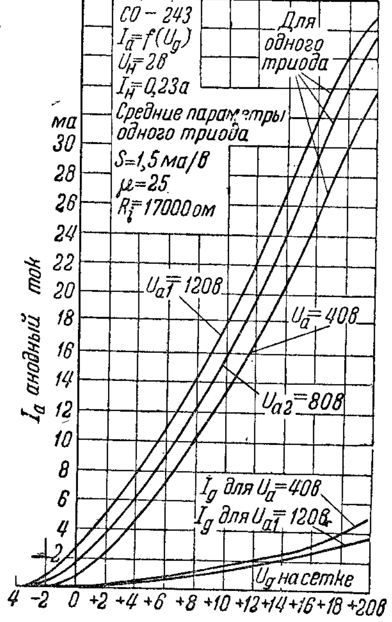
Максимально-допустимая мощность рассеяния на аноде $P_{a\ макс}$ показывает, какая выделяемая на аноде мощность является предельно допустимой без опасности для лампы. Эта мощность равна произведению рабочего анодного напряжения U_a на анодный ток покоя I_a для выбранного режима.

$P_{a\ макс}$ является пределом, который нельзя переходить, используя лампу в режиме усиления классов А и В или режиме генератора. Рассчитывая нагрузку лампы, всегда следует проверять сохранение неравенства

$$P_k\leqslant P_{a\ макс},$$

т. е. полезная колебательная мощность, получаемая с лампы, никогда не должна превышать допустимой мощности рассеяния.

Емкость в цепи анод—управляющая сетка C_{ag} в *пф* может вредно отразиться на работе лампы, уменьшая усиление или вызывая искажения сигналов. Особенно вредна эта емкость у ламп, работающих в каскадах усиления высокой частоты, преобразователях и генераторах. Поэтому в последних случаях применяются экранированные лампы (тетроды и пентоды), у которых эта емкость значительно меньше, чем у триодов.



Фиг. 5,1. Семейство сеточных характеристик лампы СО-243.

5,2. ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОЛАМП

Различаются два основных вида ламповых характеристик: сеточные и анодные.

Сеточные характеристики выражают зависимость величины анодного тока от напряжения на управляющей сетке при постоянном напряжении на аноде:

$$I_a=f(U_g),$$

где I_a — анодный ток;

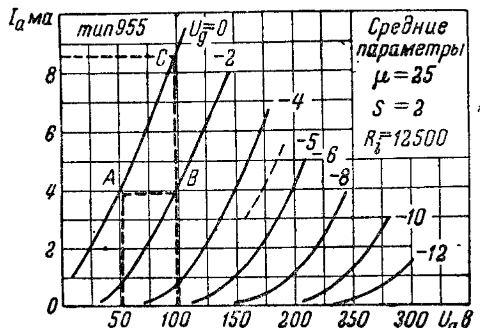
U_g — напряжение на управляющей сетке.

Несколько таких характеристик, вычерченных в одних и тех же координатах, но при разных анодных напряжениях, носят название семейства характеристик. На фиг. 5,1 показано семейство сеточных характеристик лампы СО-243. По горизонтальной оси отложено напряжение на сетке в вольтах, а по вертикальной — величина анодного тока в миллиамперах.

Анодные характеристики выражают зависимость анодного тока от анодного напряжения при постоянном напряжении на управляющей сетке

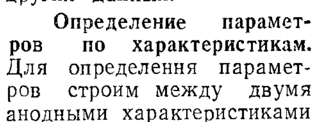
$$I_a = f(U_a).$$

На фиг. 5,2 представлено семейство анодных характеристик для лампы 955. На этих характеристиках по горизонтальной оси отложены величины напряжения на аноде, а по вертикальной оси — величины анодного тока.



Фиг. 5,2. Семейство анодных характеристик лампы 955.

По семейству сеточной или анодной характеристик легко определяются основные параметры, полезная неискаженная мощность, условия максимальной отдачи, величина искажений, вносимых лампой при данном режиме работы, и ряд других данных.



Определение параметров по характеристикам. Для определения параметров строим между двумя анодными характеристиками треугольник ABC (фиг. 5,2). В этом треугольнике отрезок AB представляет ΔU_a и равняется разности анодных напряжений, соответствующих точкам B и A, т. е. 100—50 = 50 *в*.

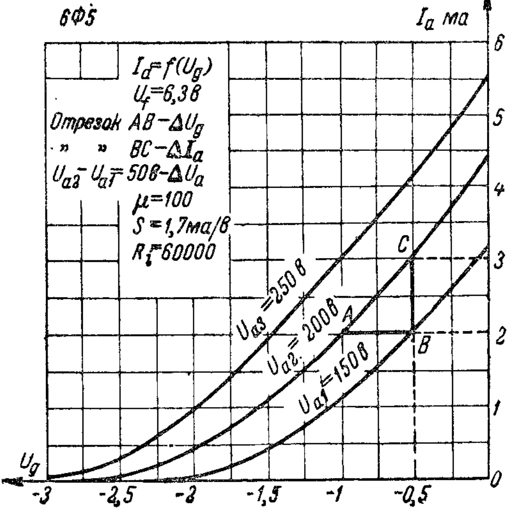
Значение ΔU_g в данном случае получается путем вычитания сеточного напряжения, соответствующего характеристике с точкой B, из напряжения, соответствующего характеристике точкам AC. При этом берется абсолютная величина этой разности. Первая кривая снята при 0 *в* на сетке, вторая — при —2 *в*. Следовательно, $\Delta U_g = 0-(-2) = 2$ *в*.

Отрезок BC определяет ΔI_a, численное значение которого находится путем вычитания величины анодного тока в точке B из анодного тока в точке C. Для данного случая

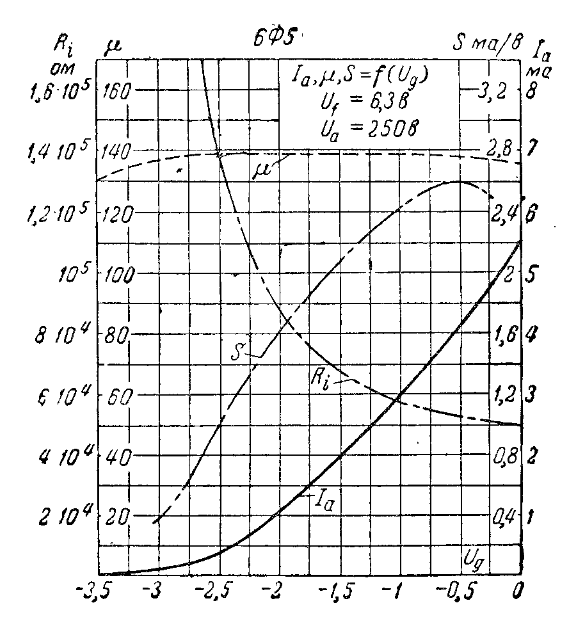
$$\Delta I_a = 8{,}5 - 4 \text{ ма} = 4{,}5 \text{ ма}.$$

Определяем основные параметры:

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g} = \frac{50 \text{ в}}{2 \text{ в}} = 25;$$



Фиг. 5,3. Определение параметров по сеточным характеристикам лампы.

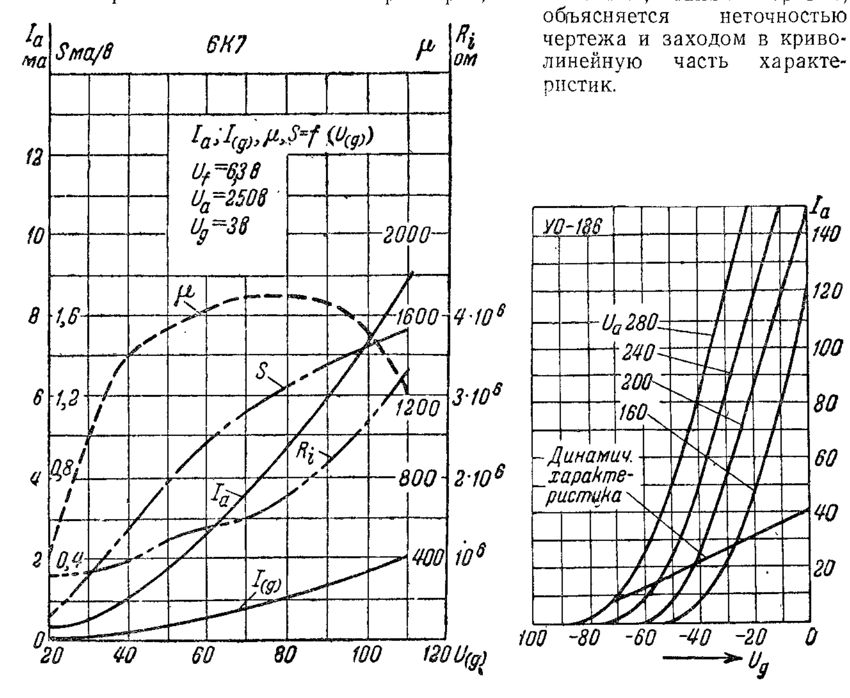


Фиг. 5,4. Зависимость параметров лампы 6Ф5 от изменения напряжения на управляющей сетке.

$$S=\frac{\Delta I_a}{\Delta U_g}=\frac{4,5\ ма}{2\ в}=2,25\ ма/в;$$

$$R_i=\frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}=\frac{50\ в}{4,5\ ма}=11\,000\ ом.$$

Треугольник для вычисления параметров можно построить и между другими характеристиками, но для получения правильного результата построение надо выполнить на прямолинейной части характеристик. Некоторая неточность в параметрах, вычисленных, таким образом, объясняется неточностью чертежа и заходом в криволинейную часть характеристик.



Фиг. 5,5. Изменение параметров лампы 6К7 от изменения напряжения на экранной сетке.

Фиг. 5,6. Динамическая характеристика лампы.

Определение параметров по сеточным характеристикам ясно на фиг. 5,3.

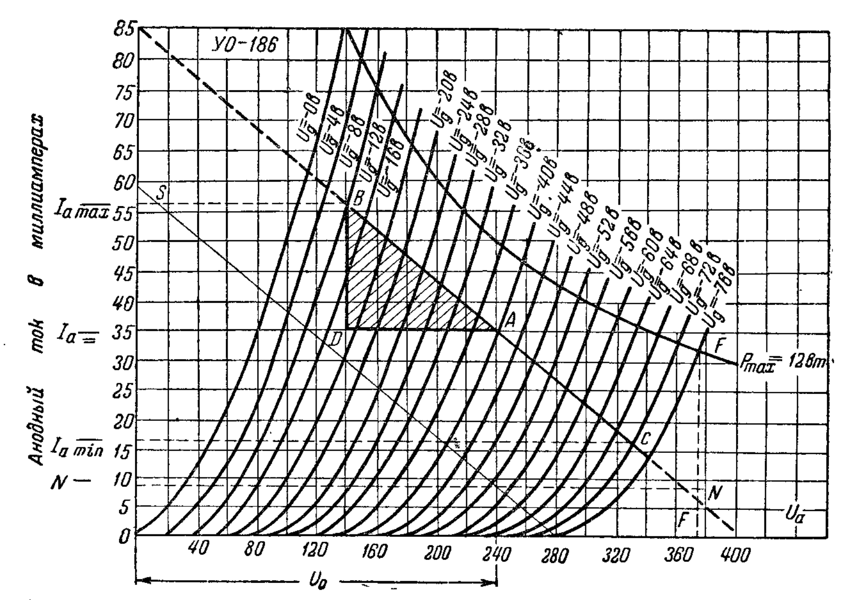
Зависимость параметров от режима лампы. Основные параметры лампы являются постоянными и неизменными только для определенного участка характеристики и при нормальном для данной лампы режиме. Практически режим работы лампы может в известных пределах изменяться, поэтому очень важно знать, как будут изменяться ее параметры. Эти данные можно получить из специально построенных характеристик.

В качестве примера на фиг. 5,4 приведены кривые изменения основных параметров лампы 6Ф5 в зависимости от изменения напряжения

на управляющей сетке, а на фиг. 5,5 в зависимости от изменения напряжения на экранной сетке для лампы 6К7. Эти кривые помогают выбрать наиболее рациональный режим, необходимый для выполнения той или иной задачи.

Для экранированных ламп (тетродов) наиболее существенно знать изменение параметров от величины напряжения на экранирующей сетке.

Динамические характеристики. В рабочих условиях, т. е. при наличии нагрузки в анодной цепи, все параметры лампы будут отличаться от параметров статического режима. Это объясняется тем, что напряжение на аноде лампы будет все время меняться в зависимости от величины анодного тока лампы. Сеточные и анодные характеристики, построенные с учетом влияния нагрузки, называются динамическими



Фиг. 5,7. Определение режима работы усилительного каскада на лампе УО-186.

характеристиками. На фиг. 5,6 показан пример сеточной динамической характеристики при большом омическом сопротивлении в анодной цепи. Угол наклона этой кривой характеризует собой величину нагрузки: чем больше сопротивление нагрузки, тем положе кривая. Динамические параметры можно измерить или вычислить по формулам. Для примера приводим формулы для вычисления крутизны и коэффициента усиления лампы, работающей на омическую нагрузку.

$$S_d=\frac{S}{1+\frac{R_a}{R_i}};\qquad \mu_d=\frac{\mu}{1+\frac{R_i}{R_a}}.$$

Отсюда следует, что крутизна и коэффициент усиления тем меньше, чем больше сопротивление нагрузки.

Использование характеристик для приближенных расчетов. Для примера найдем условия, необходимые для правильной работы усилительного каскада на лампе УО-186 (фиг. 5,7). Рабочая область лампы ограничивается линиями: слева—кривой $U_g=0$, за которой расположена область сеточных токов; справа — вертикальной пунктирной прямой *FF*, соответствующей анодному напряжению, максимально допустимому с точки зрения конструктивных особенностей лампы; сверху — кривой $P_{макс}$, соответствующей максимально допустимой мощности рассеяния на аноде, и снизу — горизонтальной пунктирной прямой *NN*, отрезающей нижние криволинейные участки характеристик. Чем выше проведена линия *NN*, тем ниже нелинейные искажения, вносимые лампой в данном режиме, но тем меньшую мощность отдает лампа. Выберем рабочую точку *A*, положение которой определяется нормальным рабочим напряжением на аноде и смещением на сетке. В данном случае это соответствует $U_a=240$ *в* и $U_g=-40$ *в*. Через рабочую точку *A* проводится нагрузочная линия *ABC*, наклон которой определяется величиной сопротивления анодной нагрузки лампы. Продолжение линии *ABC* до пересечения с осями координат даст точки 440 *в* и 85 *ма*, что соответствует нагрузке $\frac{440}{0{,}085}=5\,200$ *ом*. Величина рабочего участка вправо и влево от рабочей точки (по нагрузочной характеристике), определяется размахом переменного напряжения, поданного на сетку. Постоянная слагающая анодного тока для точки *A* составляет 35 *ма*. Мощность, отдаваемая лампой во внешнюю цепь, определяется площадью заштрихованного рабочего треугольника.

5,3. ДАННЫЕ РАДИОЛАМП ДЛЯ БАТАРЕЙНЫХ ПРИЁМНИКОВ

Лампы для батарейных радиоприемников разделяются на следующие серии:

1. Четырехвольтовая серия старых типов ламп;
2. Двухвольтовая серия старых типов ламп;
3. Двухвольтовая серия малогабаритных ламп («малгабы»);
4. Одновольтовая серия пальчиковых ламп.

Лампы четырехвольтовой серии являются в основном устаревшими и служат только для применения в ранее выпущенной аппаратуре. Эта серия состоит из пяти ламп. Буквы и цифры, входящие в название лампы, обозначают следующее: первая буква — назначение лампы; У — усилитель, С — специальная; вторая буква — тип катода: Б — бариевый, О — оксидный; цифра после букв — порядковый номер заводской разработки.

Лампы двухвольтовой серии старого типа значительно совершеннее ламп четырехвольтовой серии, но, так же как и последние, имеют большие габариты и четырехштырьковый цоколь. В эту серию входят четыре лампы, система обозначения которых такая же, как у ламп первой серии. При постройке аппаратуры ориентироваться на них не следует. В существующей аппаратуре их можно заменить лампами двухвольтовой малогабаритной серии.

Лампы двухвольтовой малогабаритной серии имеют восьмиштырьковый октальный цоколь и отличаются сравнительно небольшими габаритами. Баллоны ламп — стеклянные, покрытые бронзовым или медным экранирующим слоем.

Данные ламп см. в табл. 5,2, цоколевку на фиг 5,8.

Пальчиковые лампы являются миниатюрными лампами, предназначенными для батарейной радиоаппаратуры. Параметры этих ламп приведены в табл. 5,1, а цоколевка на фиг. 5,9.

Таблица 5,1

Основные данные батарейных пальчиковых ламп одновольтовой серии

Напряжения, токи и параметры	1К1П	1А1П	1Б1П	2П1П
Напряжение накала в *в*	1,2	1,2	1,2	1,2
Ток накала в *ма*[1]	60	60	60	120
Напряжение на аноде в *в*	90	90	90[2]	90
Напряжение на экранирующей сетке в *в*	45	45	3,0[3]	90
Напряжение на управляющей сетке в *в*	0	0	0	—4,5
Ток анода в *ма*	1,8	0,8	—	9,5
Ток экранирующей сетки в *ма*	0,65	1,9	—	2,1
Ток гетеродинной сетки в *ма*[4]	—	0,15	—	—
Внутреннее сопротивление (*мгом*)	0,8	0,8	—	0,1
Крутизна характеристики (*ма/в*)	0,75	0,25[5]	—	2,15
Сопротивление нагрузки (*мгом*)	—	—	1,0[6]	0,01[7]

Примечания:

1. Ток накала указан приблизительно. Для лампы 2П1П напряжение и ток указаны при параллельном соединении секций нити накала.
2. Напряжение на аноде меньше указанного на величину падения напряжения в сопротивлении нагрузки.
3. Указана величина сопротивления, включенного в цепь экранирующей сетки (в мегомах при напряжении батареи 90 *в*).
4. Сопротивление утечки гетеродинной сетки 0,1 *мгом*. Схема включения лампы 1А1П подобна схеме включения лампы 6А10 и 6SA7.
5. Крутизна преобразования.
6. Усиление каскада равно 50
7. Выходная мощность равна 0,27 *вт*.

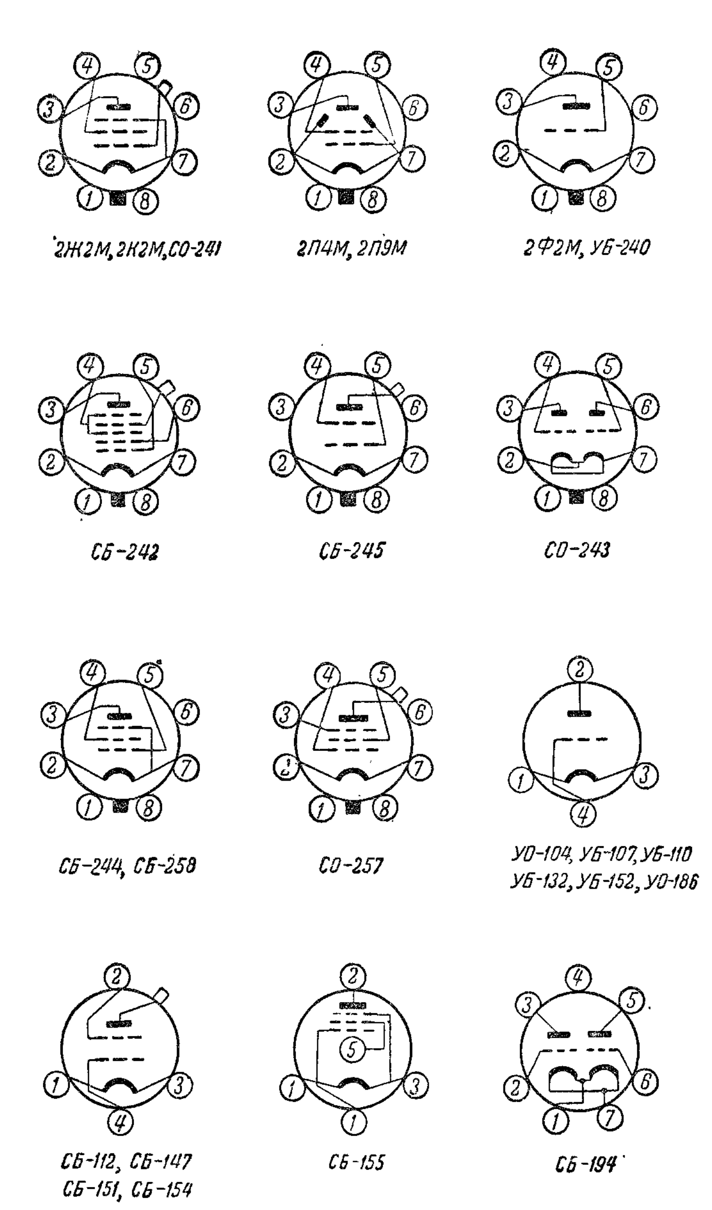
Таблица 5.2

Батарейные лампы

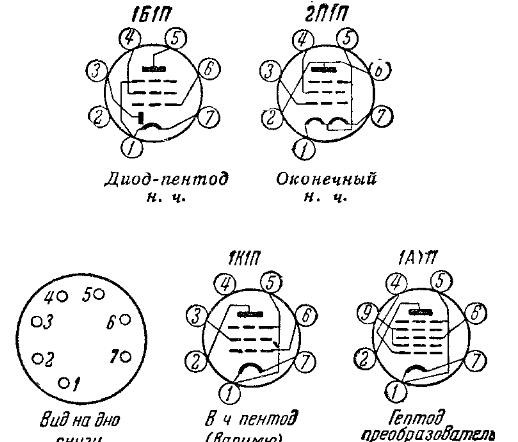
Старое обозначение	Тип	Накал: Напряжение в *в*	Накал: Ток в *ма*	Напряжение на аноде в *в*	Напряжение на экранной сетке в *в*	Напряжение смещения в *в*	Анодный ток в *ма*	Ток экранной сетки в *ма*	Крутизна S в *ма/в*	Коэффициент усиления μ	Внутреннее сопротивление R_i в *ом*	Сопротивление нагрузки R_a в *ом*	Выходная мощность P_k в *вт*	Максимально допустимая мощность рассеяния на аноде $P_{a\,макс}$ в *вт*	Емкость анод—управляющая сетка C_{ag} в *пф*
	Четырехвольтовая серия														
УБ-107	Триод	4	75	160	—	−2,0	8,0	—	1,35	12	9 000	—	—	2,0	4,0
УБ-110	Триод	4	75	160	—	−1,5	3,8	—	1,2	25	20 000	—	—	2,0	3,3
СБ-112	Тетрод вч	4	75	160	60	−1,0	1,25	0,2	0,5	500	1 000 000	—	—	1,0	0,03
УБ-132	Оконечный триод	4	150	160	—	−8,0	12,0	—	2,0	8,5	4 250	5 000	0,25	3,0	5,0
СБ-147	Тетрод вч	4	150	160	60	−1,0	2,8	1,0	1,0	650	650 000	—	—	2,0	0,04
	Двухвольтовая серия														
УБ-152	Триод	2	110	120	—	−4,0	5,0	—	2,0	12	6 000	—	—	2,0	4,5
СБ-154	Тетрод вч варимю	2	110	160	80	−1,0	3,5	1,3	1,25	500	400 000	—	—	1,0	0,04
СБ-155	Оконечный пентод	2	220	120	100	−4,0	10,0	1,8	2,2	200	90 000	8 000	0,25	4,0	0,5
СБ-194	Двойной триод	2	300	120	—	0	5,6	—	2,5	25	—	3 000	1,0	2,5	—
	Малгабы														
2Ж2М	Пентод вч	2	60	120	70	−1	1,0	0,3	0,8	1 200	1 500·10³	—	—	0,5	0,02
2К2М	Пентод вч варимю	2	60	120	70	−0,5	2,0	0,6	0,95	950	1 000·10³	—	—	0,5	0,02
2П1М	Оконечный пентод	2	120	120	80	−4	7,0	2,0	2,0	125	60 000	12 000	0,25	2,5	0,7
2П9М	Оконечный лучевой тетрод	2	1 000	250	150	−6	35	1,5	2,5	100	40 000	2 500	6,0	8,0	0,6
2Ф2М	Триод	2	60	120	—	−4	2,0	—	1,2	20	16 000	—	—	0,8	3,5
УБ-240	Триод	2	120	120	—	−2,5	1,5	—	1,3	22	17 000	40 000	0,02	0,6	2,7
СБ-242	Гептод-преобразователь[1]	2	160	120	70	0	2,2	2,2	S_c=0,45	—	150 000	—	—	0,7	0,45
СО-243	Двойной триод[2]	2	240	120	—	−2	1,2	—	1,1	32	32 000	4 000	0,8	1,5	3,4
СБ-244	Оконечный пентод	2	190	120	120	−2,5	4,0	0,75	1,8	270	150 000	30 000	0,15	1,5	0,5
СО-257	Генераторный пентод	2	275	200	100	−7,0	14,0	2,5	1,8	200	110 000	6 000	1,25	2,5	0,06
СБ-258	Оконечный пентод	1,8	320	160	120	−6,0	10,0	1,7	2,0	175	80 000	20 000	0,45	2,0	0,5

Примечания:

1. Для лампы СБ-242 указана крутизна преобразования.
2. Для лампы СО-243 указаны данные для одного триода класса А. Для двухтактной схемы класса В приведенное сопротивление между анодами равно 8 000 *ом*. Максимальная мощность рассеяния для двух триодов равна 3 *вт*. Напряжение смещения равно 0, анодный ток 6 *ма*.



Фиг. 5,8. Цоколевка батарейных ламп.



Фиг. 5,9. Цоколевка пальчиковых батарейных ламп.

5,4. ДАННЫЕ РАДИОЛАМП ДЛЯ СЕТЕВЫХ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Предназначенные для сетевых приемников, радиолампы распределяются на следующие серии:

1. Четырехвольтовая серия.
2. Шестивольтовая серия.
3. Серия ламп с высоковольтным накалом.
4. Кенотроны.

Лампы четырехвольтовой серии устарели. Их не рекомендуется применять в новых конструкциях. Конструктивно они отличаются большими габаритами и имеют старый четырех-, пяти- или семиштырьковый цоколь. Все лампы этой серии (за исключением УО-186) с успехом могут быть заменены лампами шестивольтовой серии.

Шестивольтовая серия является наиболее полной по ассортименту. Все лампы имеют восьмиштырьковый октальный цоколь. Обозначения ламп расшифровываются следующим образом: первая цифра — напряжение накала, первая буква после цифры указывает на назначение лампы, а цифра после буквы определяет число электродов. Дополнительная буква в конце указывает на оформление лампы: С — стеклянная лампа обычных размеров, М — стеклянная малогабаритная лампа, Ж — типа «желудь». Отсутствие дополнительной буквы означает, что лампа имеет металлический баллон.

Некоторые типы ламп имеют двухбуквенное обозначение, причем первой буквой является S (например 6SK7) или А (например 6АС7). Это — так называемые одноцокольные лампы, у которых отсутствует верхний цоколь (колпачок), а управляющая сетка выведена на отдельную ножку нижнего цоколя. Основные их преимущества — меньшие габариты, меньшая подверженность механическим повреждениям из-за отсутствия верхнего колпачка и более стабильная работа, в особенности

Старые обозначения	Тип	Накал: Напряжение в *в*	Накал: Ток в *а*	Напряжение на аноде в *в*	Напряжение на экранной сетке в *в*
	Лампы четырех				
УО-104	Оконечный триод . .	4,0	0,7	240	—
СО-118	Триод	4,0	1,0	240	—
ПО-119	Триод	4,0	1,0	240	—
СО-122	Оконечный пентод	4,0	1,0	240	140
СО-124	Тетрод в. ч.	4,0	1,0	160	80
СО-148	Тетрод в. ч. варимю	4,0	1,0	160	60
СО-182	Пентод в. ч. варимю	4,0	1,0	160	80
СО-183	Гептод-преобразователь	4,0	1,0	240	100
СО-185	Двойной диод-триод	4,0	1,0	240	—
УО-186	Оконечный триод . .	4,0	1,0	250	—
СО-187	Оконечный пентод	4,0	2,0	250	250
СО-193	Двойной диод-пентод	4,0	1,0	240	120
	Лампы шести				
6А8	Гептод-преобразователь	6,3	0,3	250	100
6Б8М	Двойной диод-пентод	6,3	0,3	250	125
6Г7	Двойной диод-триод	6,3	0,3	250	—
6Е5	Электронный индикатор	6,3	0,3	250	—
6Ж7	Пентод в. ч.	6,3	0,3	250	100
6К7	Пентод в. ч. варимю	6,3	0,3	250	125
6Л7	Гептод-смеситель . .	6,3	0,3	250	100
6Л6	Лучевой тетрод . . .	6,3	0,9	250	250
6Л6С	То же	6,3	0,9	250	250
6Н7	Двойной триод класс В	6,3	0,8	300	—
6П3С	Лучевой тетрод . .	6,3	0,9	250	250
6С5	Триод	6,3	0,3	250	—
6Ф5	Триод	6,3	0,3	250	—
6Ф5М	То же	6,3	0,3	250	—
6Ф6	Оконечный пентод .	6,3	0,7	250	250

Таблица 5,3

сетевых ламп

Напряжение смещения в *в*	Анодный ток в *ма*	Ток экранной сетки в *ма*	Крутизна S в *ма/в*	Коэффициент усиления μ	Внутреннее сопротивление R_i в *ом*	Сопротивление нагрузки R_a, в *ом*	Выходная мощность P_k в *вт*	Максимально допустимая мощность рассеяния на аноде в *вт* $P_{a\,макс}$	Емкость анод — управляющая сетка в *пф* C_{ag}
вольтовой серии									
—35,0	40,0	—	3,2	4	1 250	2 500	1,5	12,0	10,0
—3,0	6,0	—	1,75	34	20 000	—	—	2,0	2,6
—10,0	12,0	—	1,7	12	7 000	—	—	5,0	2,0
—12,0	19,0	7,0	1,7	120	70 000	20 000	1,0	4,0	0,35
—1,5	10,0	3,0	1,9	350	185 000	—	—	—	0,005
—1,0	7,5	1,5	1,6	320	200 000	—	—	—	0,005
—1,5	4,2	1,4	2,25	1 500	700 000	—	—	—	0,008
—2,0	1,0	8,0	2,6	—	125 000	—	—	—	0,25
—4,0	5,0	—	1,5	35	24 000	—	—	—	2,2
—37,0	57,0	—	3,2	4	1 200	3 000	1,5	15	8,2
—6,0	37,5	10,0	7,5	600	90 000	7 000	2,5	15	1,0
—6,0	7,0	1,2	2,0	300	150 000	—	—	5,0	0,18
вольтовой серии									
—3,0	3,5	2,7	S = 0,55	—	360 00	—	—	1,0	0,06
—3,0	9,0	2,3	1,3	—	600 0	—	—	2,5	0,005
—3,0	1,1	—	1,2	70	58 000	—	—	2,0	1,5
—8,0(0°)	0,2	—	—	—	—	—	—	—	3,5
—3,0	2,0	0,5	1,2	—	$1\,000 \cdot 10^3$	—	—	0,75	0,006
—3,0	7,5	1,8	1,45	—	800 000	—	—	2,25	0,005
—3,0	2,4	7,1	S_c = 0,38	—	600 000	—	—	1,75	0,005
—14,0	72,0	5,0	6,0	135	22 500	2 500	6,5	20	0,4
—14,0	72,0	5,0	6,0	135	22 500	2 500	6,5	20,5	0,5
0	35	—	—	24	—	8 000	10,0	11	2,4
—14,0	72,0	5,0	6,0	150	25 000	2 500	5,5	20,5	1,0
—8,0	8,0	—	2,0	20	10 000	—	—	2,6	2,0
—2,0	0,9	—	1,5	100	66 000	—	—	0,4	2,0
—2,0	0,9	—	1,5	100	66 000	—	—	0,4	2,6
—16,5	34,0	7,0	2,5	—	78 000	7 000	3,2	10	0,6

Старые обозначения	Тип	Накал		Напряжение на аноде в *в*	Напряжение на экранной сетке в *в*
		Напряжение в *в*	Ток в *а*		
6Ф6М	Оконечный пентод .	6,3	0,7	250	250
6Ф6С	То же	6,3	0,7	250	250
6Х6	Двойной диод . . .	6,3	0,3	117	—
6V6-C	Лучевой тетрод . .	6,3	0,45	250	250
6J5	Триод	6,3	0,3	250	—
6SA7-GT, 6A10	Гептод-преобразователь	6,3	0,3	250	100
6SJ7	Пентод в. ч.	6,3	0,3	250	100
6SK7, 6K9	Пентод в. ч. варимю	6,3	0,3	250	100
6SQ7	Двойной диод-триод	6,3	0,3	250	—
6H8M, 6SN7-GT	Двойной триод . . .	6,3	0,6	250	—
6SG7	Пентод в. ч. варимю	6,3	0,3	250	125
6H9M, 6SL7	Двойной триод . . .	6,3	0,3	250	—
6SH7	Пентод в. ч.	6,3	0,3	250	125
6AB7, 1853	Телевизионный пентод	6,3	0,45	300	200
6AC7, 1852	То же	6,3	0,45	300	200
6AG7	То же	6,3	0,6	300	200
954	Пентод укв-„жолудь"	6,3	0,15	250	100
956	То же варимю . . .	6,3	0,15	250	100
955	Триод укв-„жолудь"	6,3	0,15	180	—
Z-62Д	Пентод в. ч.	6,3	0,5	250	100

Лампы с высоко

12А6	Оконечный лучевой тетрод	12,6	0,15	250	250
30П1М	Оконечный лучевой тетрод	30	0,3	110	110
Г-411	Генераторный пентод	10/20	0,6/0,3	400	250

Примечания:

1. Для ламп 6А8 и 6SA7 указана крутизна преобразования.
2. Указанное напряжение смещения для лампы 6Е5 соответствует предельному сужению теневого сектора.
3. Для лампы 6Н7С данные соответствуют режиму класса В. Анодный ток указан общий при отсутствии сигнала. Сопротивление нагрузки дано для двухтактной схемы (приведенное сопротивление нагрузки между анодами).

Максимально допустимая мощность анодного рассеяния указана суммарная — на два анода.

Напряжение смещения в *в*	Анодный ток в *ма*	Ток экранной сетки в *ма*	Крутизна *S* в *ма/в*	Коэффициент усиления μ	Внутреннее сопротивление R_i в *ом*	Сопротивление нагрузки R_a в *ом*	Выходная мощность $P_к$ в *вт*	Максимально допустимая мощность рассеяния на аноде в *вт* $P_{a\,макс}$	Емкость анод — управляющая сетка в *пф* C_{ag}
—16,5	34,0	7,0	2,5	—	78 000	7 000	3,2	10	—
—16,5	34,0	7,0	2,5	—	78 000	7 000	3,2	10	—
—	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—
—12,5	45	4,5	4,1	—	52 000	5 000	4,5	12	0,7
—8,0	9,0	—	2,6	20	7 700	—	—	2,5	—
0	3,5	8,5	$S_c = 0,45$	—	1 000 000	—	—	—	0,13
—3,0	3,0	0,5	1,3	1 650	1 000·10³	—	—	0,75	0,006
—3	9	2,6	2,5	1 600	800 000	—	—	3	0,06
—3,0	1,1	—	1,2	70	50 000	—	—	2,0	1,5
—8	9,0	—	2,6	20	7 700	—	—	2,5	2,8
—3,0	—	—	4,0	—	900 000	—	—	—	—
—2	2,3	—	1,6	70	44 000	—	—	1	3,0
—3,0	—	—	4,9	—	900 000	—	—	—	—
—3,0	12,5	3,2	5,0	—	700 000	—	—	3,0	0,02
—2,0	10,0	3,0	9,0	—	750 000	—	—	3,0	0,02
—3,0	30	7,0	11,0	—	130 000	10 000	—	9,9	0,06
—3,0	3,0	0,7	1,6	1 800	12 000	—	—	1,2	0,018
—3,0	3,0	0,6	1,6	1 600	11 000	—	—	1,2	0,018
—5,0	4,3	—	2,0	25	12 500	20 000	0,16	1,5	1,4
—2,4	10	2,5	7,5	—	2 000·10³	—	—	—	—

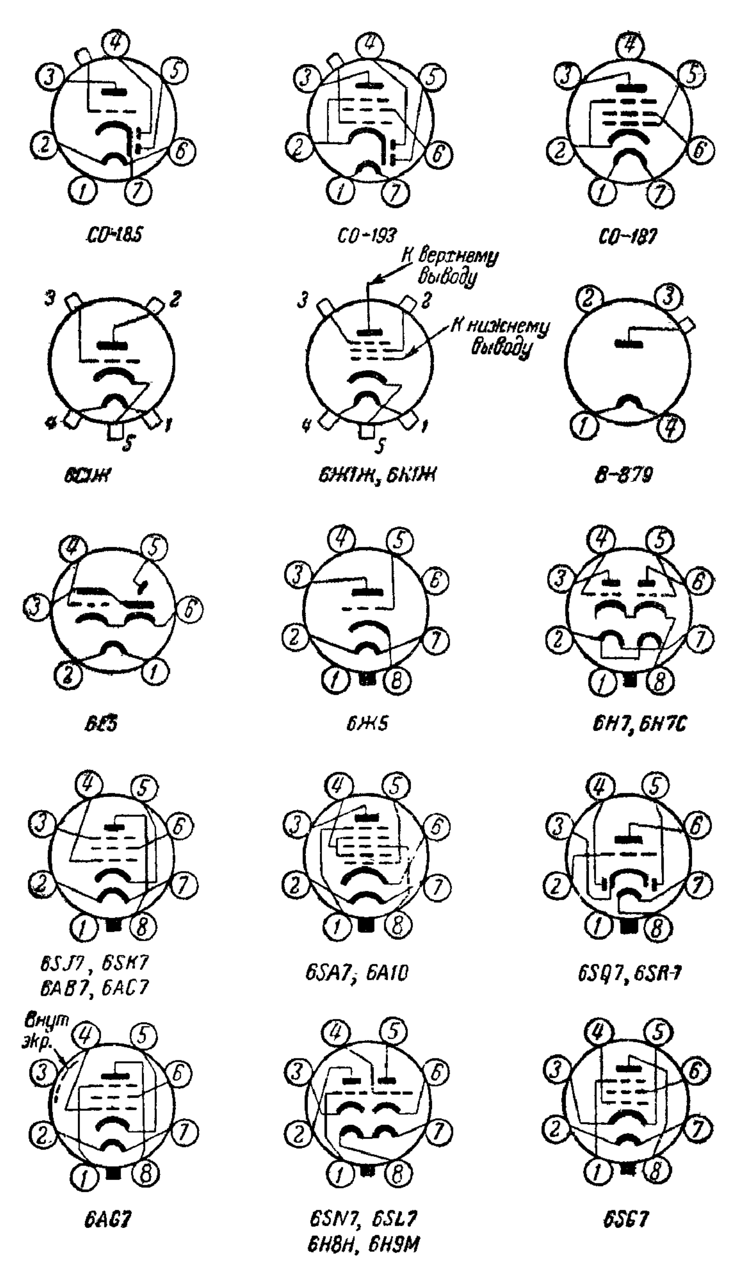
вольтным катодом

—7,5	45,0	4,0	8,5	—	10 000	2 000	1,6	7,0	—
—7,5	50	8,0	9,0	110	30 000	2 000	2	7	0,25
—50,0	48,0	12,0	2,8	380	100 000	8 500	До 25	20,0	0,1

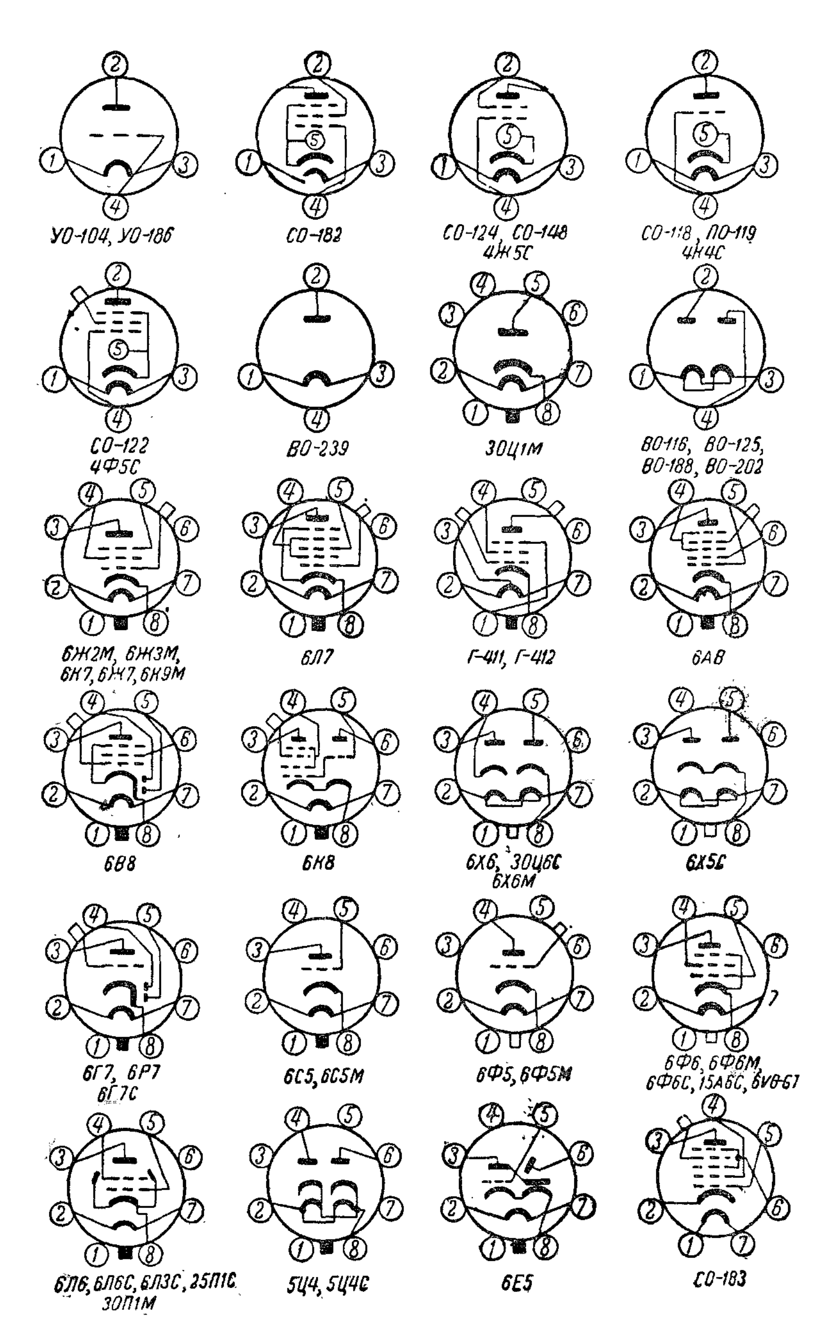
Параметры каждого триода лампы 6Н7С в режиме *А* (напряжение на аноде — 250 *в*, напряжение смещения — 5 *в*) следующие: крутизна=1,5 *ма/в*, коэффициент усиления =35, внутреннее сопротивление 16 *ком*.

4. Для ламп 6Н8М данные соответствуют одному триоду.

5. Для лампы 6Х6М указано максимально допустимое переменное напряжение на каждый анод (в эффективных вольтах) и максимальный выпрямленный ток для каждой половинки. Все лампы, перечисленные в таблице (за исключением оконечного триода УО-186), имеют подогревный катод. Лампы: 6А8; 6АС7, 6АG7, 6Ж7, 6К7, 6Ф5, 6SA7 — металлические, остальные лампы — стеклянные.



Фиг. 5.10. Цоколевка



сетевых ламп.

Данные кенотронов и газотронов

Старые обозначения	Тип	Род накала	Накал: Напряжение в *в*	Накал: Ток в *а*	Эффективное значение максимально допустимого переменного напряжения на каждый анод в *в*	Максимально выпрямленный ток в *ма*	Пиковое значение максимально допустимого обратного напряжения в *в*
1Ц1	Одноанодный высоковольтный	Прямой	0,7	0,18	5 000 —	1	15 000
5Ц4С	Двуханодный кенотрон	Косвенный	5	2	350	125	1 400
6Х5С	" "	"	6,3	0,6	325	70	1 250
30Ц6С	" "	"	30	0,3	250	90	700
ВО-116	" "	Прямой	4	2	400	115	1 200
5U4-С	Двуханодный кенотрон	"	5	3	450	225	1 500
ВО-188	" "	"	4	2,2	500	150	1 300
ВО-239	Одноанодный кенотрон	"	4	2,2	750	180	1 800
30Ц1М	" "	Косвенный	30	0,3	250	90	500
В-360	Одноанодный	"	3,6	0,85	300	50	800
ВГ-129	Газотрон одноанодный	Прямой	2,5	9	—	500	5 000
ВГ-025/1 500	Газотрон двуханодный	"	5,0	3	450	225	1 550
2Х2/879	Кенотрон одноанодный высоковольтный	Косвенный	2,5	1,75	4 500	7,5	12 500

Примечания:

1. Высоковольтные кенотроны 1Ц1 и 2Х2/879 предназначены для питания анода электроннолучевой трубки в осциллоскопах и в телевизионных приемниках.
2. Кенотроны 1Ц1, ВО-188, ВО-239, В-360 и газотроны ВГ-129 и ВГ-0,25/1500 имеют оксидный катод прямого накала.
3. Кенотрон ВО-239 содержит два анода и два катода, соединенных попарно внутри цоколя лампы.
4. Газотроны ВГ-129 и ВГ-0,25/1 500 используются в выпрямительных устройствах для питания радиопередатчиков и мощных усилителей.
5. Значение максимально допустимой амплитуды обратного напряжения для кенотрона 1Ц1 указано ориентировочно.
6. Кенотрон 30Ц6С имеет раздельные катоды, что позволяет использовать лампу в схеме удвоения напряжения (максимальный выпрямленный ток на каждый анод 90 *ма*).
7. Все перечисленные в таблице лампы имеют стеклянный баллон.

на коротких волнах. Лампы группы А отличаются большой крутизной характеристики и предназначаются в основном для телевизионной и УКВ аппаратуры. Вторая буква в обозначениях ламп указывает на назначение данной лампы, аналогично обозначениям, приведенным выше.

Лампы с высоковольтным накалом предназначены для применения в бестрансформаторных приемниках (универсального питания), наряду с лампами шестивольтовой серии, имеющими ток накала 0,3 *а*. При этом нити накала всех ламп приемника (включая и кенотрон) соединяются последовательно. Обозначения ламп с высоковольтным накалом те же, что у шестивольтовой серии.

Четырехвольтовые кенотроны предназначены для работы со старыми лампами четырехвольтовой серии, но могут применяться совместно с металлическими лампами. Эти кенотроны имеют четырехштырьковый цоколь. Кенотроны с напряжением накала в 5, 6,3 и 30 *в* являются более современными, входят в серию шестивольтовых приемно-усилительных ламп и имеют восьмиштырьковый октальный цоколь. Кенотроны В-889 и В-878 являются высоковольтными. Они предназначены для использования в телевизионной аппаратуре.

Параметры сетевых приемно-усилительных ламп приведены в табл. 5,3, а кенотронов и газотронов — в табл. 5,4. Цоколевка сетевых ламп приведена на фиг. 5,10.

5,5. ЗАМЕНА ЛАМП

В этом разделе приводятся некоторые указания по замене устаревших ламп и таблица возможных вариантов взаимозаменяемости ламп.

Батарейные лампы четырехвольтовой серии типа УБ и СБ теперь устарели и более не выпускаются. Устаревшей является также и аппаратура, выпускавшаяся на этих лампах. Поэтому перевод ее на новые лампы не целесообразен, тем более, что при этом потребуется значительная переделка всего аппарата. Возможные варианты замены ламп этой серии малогабаритными современными лампами приводятся в таблице. Во всех случаях такая замена требует применения переходных колодок или смены ламповых панелек в самом аппарате и установлением нового режима питания.

Значительно проще и эффективнее производится замена ламп старой двухвольтовой серии, на которых было выпущено большое количество приемников БИ-234, РПК-9 и 10. Замена этих ламп лампами малогабаритной серии в большинстве случаев дает вполне удовлетворительный результат и экономию источников питания. При соответствующем подборе ламп замена может быть произведена при помощи переходных цоколей и не потребует никаких изменений в схеме аппарата. Возможные варианты смотри в таблице.

Подогревные лампы 4-вольтовой серии, так же как и старые батарейные лампы, устарели. Взамен ламп, необходимых для приемников прямого усиления типа СИ, ЭЧС и других, выпущены другие типы, которые могут применяться в этих аппаратах без всякой переделки. Перевод старой аппаратуры на современные лампы 6-вольтовой серии связан со значительной переделкой в аппарате и поэтому нецелесообразен. По этой причине варианты замены старых ламп 4-вольтовой серии современными 6-вольтовыми лампами здесь не приводятся.

В таблице 5,5 приводятся также некоторые возможные варианты замены аналогичных ламп, не связанных с существенными изменениями в схеме аппарата.

Таблица 5,5

Возможные варианты замены ламп

Заменяемая лампа	Заменяющие лампы	Примечание
УБ-107 УБ-110 УБ-132	УБ-240 УБ-240, СО-243 (один триод) СБ-244, СБ-258 (триодом)	Замена панельки и напряжения накала
СБ-112 СБ-147	2Ж2М 2К2М	Замена панельки, напряжения накала и подбор режима
УБ-152 УБ-154 СБ-155	УБ-240, 2Ж2М (триодом) 2К2М, 2Ж2М СБ-244 или СБ-258	Замена панельки. При подборе правильного режима замена будет почти полноценной
СО-118 СО-148 СО-124 СО-122 СО-182	4Н4С 4К5С 4Ж5С 4Ф6С 4К5С	Непосредственная замена без всяких переделок Замена совершенно полноценна
СО-183 СО-193	6А8 6Г7	Замена панельки, напряжения накала и подгонка режима
6К7 6Ф5 6Г7 6Ф6	6К9 6Г7 (триодн. часть) 6Ф5+Х6 6Л6, 6П3, 6V6	Непосредственная замена Переключение на панельке Переходная колодка При подборе режима и запасе мощности выпрямителя замена полноценна
ВО-116 ВО-230 5Ц4С	ВО-188 В-360 5Ц4-С	Непосредственная замена » » » »

Глава шестая

МАТЕРИАЛЫ

6,1. ПРОВОЛОКА. МАРКИ ПРОВОДОВ И ШНУРОВ. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ МЕДНОЙ ОБМОТОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ. ДОПУСТИМЫЕ НАГРУЗКИ

Способность проводника проводить электрический ток характеризуется его удельным сопротивлением ρ (ро). Удельным сопротивлением называется сопротивление проводника из данного материала длиной в 1 *м* при равномерном по всей длине сечении в 1 *мм*^{2} и температуре 15—20°. Удельное сопротивление выражается в омах.

Иногда применяется обратная величина ρ — удельная проводимость γ (гамма), выражаемая в $\frac{1}{\rho}$ и называемая *мо*. Например, удельное сопротивление меди $\rho = 0{,}0175$ *ом*, а ее удельная проводимость $\gamma = \frac{1}{0{,}0175} = 57$ *мо*.

Сопротивление проводника любой длины, сечения и материала вычисляется по формуле:

$$R = \rho \frac{l}{q} \text{ ом}.$$

Для круглого провода $R = \frac{1{,}27\rho l}{d^2} = \frac{1{,}27\, l}{d^2 \gamma}$.

В этих формулах: R — сопротивление проводника в *ом*; l — длина в *м*; q — сечение в *мм*^{2}; d — диаметр в *мм*. Величины ρ и γ приведены в табл. 6,1.

Сечение круглых проводников определяется по формуле $q = \frac{\pi d^2}{4} = 0{,}7854\, d^2$; приближенно $q = 0{,}8\, d^2$, где d — диаметр провода в *мм*, а q — сечение провода в *мм*^{2}.

Для определения диаметра по сечению служит формула:

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi}} = 1{,}13\sqrt{q}.$$

Для подсчета веса провода надо определить его объем в кубических сантиметрах и умножить на величину удельного веса (табл. 6,1). Вес медного провода можно с достаточной точностью определить по следующим упрощенным формулам:

$$P = 8{,}9\, q = 7\, d^2,$$

где P — вес 1 *м* провода в *г*;
d — диаметр провода в *мм*;
q — сечение провода в *мм*^{2}.

Для точного измерения диаметра проводов применяются микрометры; менее точные результаты дают штанген-циркули. С достаточной для практики точностью диаметр провода можно определить следующим образом: провод плотно, виток к витку, наматывают в один слой на стержень, например, карандаш, на длину 1—2 *см*, подсчитывают уложившееся число витков и затем длину намотки (в *мм*) делят на число витков.

Величина сопротивления зависит от температуры. Величина изменения сопротивления в омах от колебания температуры на 1° называется **температурным коэффициентом**. Средние величины температурных коэффициентов наиболее распространенных проводников приведены в табл. 6,1.

Таблица 6,1

Наименование	Удельная проводимость при 20° в *м/ом·мм²*	Удельное сопротивление при 20° *ом·мм²/м*	Удельный вес	Температура плавления	Средний температурный коэффициент для интервала температур от 0 до 100°
Серебро	61,11	0,0161	10,4	961	0,0040
Медь электролитическая	59,52	0,0168	8,9	1 083	0,0045
Медь электротехническая	57,00	0,0175	8,9	1 083	0,0040
Латунь	50—15	0,02—0,06	8,5	—	0,0020
Алюминий	35,97	0,0278	2,65	658	0,0042
Цинк	16,13	0,0620	7,0	419	0,0040
Железо	10,89	0,0918	7,9	1 520	0,0062
Олово	6,99	0,143	7,2	232	0,0044
Свинец	4,52	0,221	11,4	327	0,0041
Ртуть	1,06	0,948	13,6	38,7	0,0003
Уголь ретортный	0,138	7,25	1,88	—	0,0003

Таблица 6,2

Перечень некоторых марок проводов, шнуров и кабелей

Марка	Расшифровка марки
АОЛ	Провод осветительный (для автомобилей) с медными жилами с резиновой изоляцией в лакированной оплетке из хлопчатобумажной ткани
АРД	Арматурный двухжильный провод с резиновой изоляцией
АТСР	Шнур розеточный с медными жилами в двойной обмотке, скрученными между собой шелком, в общей оплетке из хлопчатобумажной пряжи
ЗП	Звонковой провод (диаметром 0,5 *мм* и 0,88 *мм*) с двухслойной хлопчатобумажной изоляцией, пропитанной парафином
ЛПРГС	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией в лакированной оплетке
ЛЭШО	Провод обмоточный высокочастотный (литцендрат), скрученный из эмалированных проволок; жила изолирована одинарной шелковой обмоткой
ЛЭШД	То же, с двойной шелковой обмоткой
ПА	Провод антенный, медный, нормальный (имеет от 7 до 19 отдельных проволок)
ПБ	Медь обмоточная с изоляцией в несколько слоев из кабельной бумаги
ПБД	Медь обмоточная с изоляцией в два слоя хлопчатобумажной обмотки

Марка	Расшифровка марки
ПБО	То же, с хлопчатобумажной обмоткой в один слой
ПБДК	Константан обмоточный, изолированный двумя слоями хлопчатобумажной обмотки
ПБТ	Провод медный, изолированный тремя слоями хлопчатобумажной обмотки
ПБОО	Провод медный, изолированный одним слоем хлопчатобумажной обмотки и одной хлопчатобумажной оплеткой
ПБОМ	Манганин обмоточный, изолированный одним слоем хлопчатобумажной ткани
ПВГ-10	Провод высоковольтный, гибкий, одножильный с резиновой изоляцией для рабочего напряжения 10 000 *в*
ПМР	Провод монтажный с резиновой изоляцией, одножильный (с числом проволок в жиле от 12 до 35)
ПР	Провод с медной жилой и резиновой изоляцией в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи
ПР-380	Провод одножильный с резиновой изоляцией (с числом проволок в жиле от 1 до 61) для нормального напряжения не более 380 *в*
ПРГ	Провод с медной жилой и резиновой изоляцией в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной ткани, гибкий
ПРД	Провод двухжильный, гибкий, с резиновой изоляцией жилы и оплеткой из хлопчатобумажной пряжи (с числом проволок в жиле 7 или 19)
ПШД	Медь обмоточная с двумя слоями шелковой обмотки
ПШО	То же, с одним слоем шелковой обмотки
ПШОК	Константан обмоточный с одним слоем шелковой обмотки
ПШДМ	Манганин обмоточный с изоляцией двумя слоями шелковой обмотки
ПЭ	Медь обмоточная с изоляцией нормальной эмалью
ПЭК	Константан обмоточный с эмалевой изоляцией
ПЭБО	Медь обмоточная с изоляцией эмалью и одним слоем хлопчатобумажной обмотки
ПЭШО	То же, с одним слоем шелковой обмотки
ПЭБД	Медь обмоточная с эмалевой изоляцией и двумя слоями хлопчатобумажной обмотки
ПЭЛБО	Медь обмоточная с изоляцией стойкой эмалью с дополнительной изоляцией одним слоем бумажной обмотки
ПЭЛБД	То же, с дополнительной изоляцией двумя слоями бумажной обмотки
ПЭЛШО	То же, с дополнительной изоляцией одним слоем шелковой обмотки
ПЭЛ-2	Провод медный с изоляцией лакостойкой эмалью повышенного качества
ПЭТ	Провод с изоляцией тепло- и лакостойкой эмалью
МГБД	Провод монтажный гибкий многожильный с двойной бумажной обмоткой
МГБДО	То же, с изоляцией бумажной обмоткой и поверх ее оплеткой (чулком)

Марка	Расшифровка марки
МГШД	Провод монтажный гибкий многожильный с изоляцией двойной шелковой обмоткой
МГШДО	То же, с изоляцией шелковой обмоткой и поверх ее шелковой оплеткой (чулком)
	Примечание. Все провода марки МГ характеризуются двумя группами цифр, например: 12×0,07 или 26×0,1. Первая цифра означает число жил в проводе (в наших примерах 12 и 26), вторая цифра означает диаметр каждой жилы (в нашем примере 0,07 и 0,1)
ПМВ	Провод монтажный винилитовый. Токопроводящая жила — медная луженая проволока, изоляция — хлорвиниловая пластмасса (цветная)
ПМОВ	Провод одножильный с хлопчатобумажной обмоткой и поверх ее с винилитовой изоляцией
ПМВГ	То же, многожильный

Таблица 6,3

Основные данные медной обмоточной проволоки вес в *кг*, диаметр в *мм*

Диаметр по меди в *мм*	Сечение по меди в *мм²*	Сопротивление 100 *м* в *ом*	ПЭ		ПШД		ПЭШО		ПБО	
			Диаметр с изоляцией в *мм*	Вес 100 *м* в изоляции	Диаметр с изоляцией в *мм*	Вес 100 *м* в изоляции	Диаметр с изоляцией в *мм*	Вес 100 *м* в изоляции	Диаметр с изоляцией в *мм*	Вес 100 *м* в изоляции
0,05	0,00196	929	0,06	0,0018	0,15	0,0033	0,11	0,0026	—	—
0,07	0,00385	473	0,08	0,0035	0,17	0,0052	0,13	0,0045	—	—
0,08	0,00502	363	0,09	0,0046	0,18	0,0065	0,14	0,0057	—	—
0,1	0,00785	224	0,15	0,0073	0,2	0,0103	0,165	0,0089	0,19	0,0092
0,12	0,01131	155	0,135	0,0104	0,22	0,0138	0,185	0,0123	0,21	0,0127
0,14	0,01539	114	0,155	0,014	0,24	0,0178	0,205	0,0165	0,23	0,0167
0,15	0,01767	99,4	0,165	0,0152	0,25	0,0201	0,215	0,0184	0,24	0,0188
0,16	0,02011	87,3	0,175	0,0183	0,26	0,0224	0,225	0,0206	0,25	0,0211
0,18	0,02545	68,8	0,195	0,0231	0,28	0,0276	0,245	0,0256	0,27	0,0262
0,2	0,03142	55,8	0,215	0,0285	0,32	0,0333	0,28	0,0312	0,29	0,0318
0,23	0,04155	42,3	0,250	0,0378	0,35	0,0429	0,31	0,0410	0,32	0,0413
0,25	0,04909	35,7	0,270	0,0445	0,37	0,0501	0,33	0,0480	0,34	0,0483
0,31	0,07548	23,3	0,340	0,0688	0,43	0,0749	0,40	0,0733	0,42	0,0743
0,35	0,09621	18,2	0,38	0,0874	0,47	0,0942	0,44	0,0924	0,46	0,0934
0,41	0,1320	13,3	0,44	0,12	0,53	0,127	0,50	0,126	0,52	0,1266
0,51	0,2043	8,59	0,545	0,185	0,63	0,194	0,61	0,192	0,62	0,1929
0,59	0,2734	6,43	0,63	0,247	0,71	0,257	0,69	0,256	0,7	0,2563
0,69	0,3739	4,7	0,730	0,342	0,81	0,354	0,79	0,353	0,8	0,3475
0,8	0,5026	3,49	0,850	0,449	—	—	0,91	0,461	0,91	0,4593
0,93	0,6793	2,58	0,98	0,612	—	—	1,04	0,627	1,94	0,6256

Диаметр по меди в *мм*	Сечение по меди в *мм²*	Сопротивление 100 *м* в *ом*	ПЭ		ПШД		ПЭШО		ПБО	
			Диаметр с изоляцией в *мм*	Вес 100 *м* в изоляции	Диаметр с изоляцией в *мм*	Вес 100 *м* в изоляции	Диаметр с изоляцией в *мм*	Вес 100 *м* в изоляции	Диаметр с изоляцией в *мм*	Вес 100 *м* в изоляции
1,0	0,7854	2,24	1,05	0,707	—	—	1,12	0,723	1,15	0,7227
1,16	1,057	1,66	1,28	0,922	—	—	1,28	0,971	1,28	0,9674
1,25	1,227	1,55	1,26	1,022	—	—	1,32	1,038	1,37	1,122
1,35	1,431	1,22	1,41	1,288	—	—	1,47	1,31	1,47	1,306
1,45	1,651	1,06	1,51	1,486	—	—	1,57	1,51	1,57	1,504
1,56	1,911	0,918	1,62	1,718	—	—	—	—	1,68	1,738
1,81	2,573	0,683	1,87	2,310	—	—	—	—	1,93	2,334
2,02	3,2047	0,548	2,08	2,875	—	—	—	—	2,14	2,901

Таблица 6,4

Число витков, укладывающихся на 1 *см* длины сплошной намотки

Диаметр по меди в *мм*	Сечение в *мм²*	Номинальное число витков на 1 *см* длины сплошной намотки						
		ПЭ	ПШО	ПШД	ПЭШО	ПБО	ПБД	ПЭБО
0,05	0,00196	166	100	67	91	—	—	—
0,07	0,00385	125	83	58	77	—	—	—
0,08	0,005	111	77	55	71	—	—	—
0,1	0,00785	87	67	50	60	52	—	49
0,12	0,011	74	59	45	54	47	—	44
0,14	0,0154	64	52	41	49	43	—	41
0,15	0,0177	60,5	50	40	46	42	—	39
0,16	0,0201	58	47	39	44	40	—	38
0,18	0,0254	51	43	36	41	37	—	35
0,2	0,031	46	38	31	36	34	27	32
0,23	0,0415	40,0	34	28	32	31	25	29
0,25	0,049	37,0	32	27	30	29	24	28
0,31	0,0754	29,5	27	23	25	24	19	22
0,35	0,096	26	24	21	23	22	18	20
0,41	0,1320	23	21	19	20	19	16	18
0,51	0,2043	18,5	17,5	16	16	16	14	15
0,59	0,2734	16	15,5	14	14,5	14	12,5	13,5
0,69	0,3739	14	13,5	12	12,5	12	11	12
0,8	0,503	12	—	—	10	11	10	10,5
0,93	0,679	10	—	—	9,5	9,5	9	9
1,0	0,785	9,5	—	—	9	9	8	8,5
1,16	1,057	8	—	—	8	8	7	7,5
1,25	1,227	8	—	—	7,5	7,5	7	7
1,35	1,431	7	—	—	7	7	6	6,5
1,45	1,651	6,5	—	—	6,5	6	6	6
1,56	1,911	6	—	—	—	6	5,5	6
1,81	2,573	5,5	—	—	—	5	5	5
2,02	3,205	5	—	—	—	4,5	4	4,5

Таблица 6,5

Число витков, приходящихся на 1 $см^2$ сечения плотной намотки

Диаметр по меди в *мм*	Число витков, приходящихся на 1 $см^2$ сечения катушки				
	ПЭ	ПШО	ПШД	ПБО	ПБД
0,08	8 200	5 700	3 520	—	—
0,1	5 700	4 250	2 800	2 070	—
0,12	4 000	3 320	2 280	1 720	—
0,14	3 130	2 650	1 900	1 470	—
0,15	2 800	2 400	1 720	1 360	—
0,16	2 500	2 170	1 600	1 260	—
0,18	2 070	1 800	1 360	1 100	—
0,2	1 720	1 530	1 180	940	665
0,22	1 400	1 260	1 020	835	595
0,25	1 140	1 020	835	700	515
0,3	810	740	630	540	413
0,35	592	567	493	395	202
0,4	470	450	395	325	245
0,5	308	302	274	231	182
0,6	217	217	194	172	134
0,7	164	164	148	134	108
0,8	125	128	117	108	88
0,9	101	103	95	88,5	73,5
1,0	83	85	79	73,5	62,5
1,1	69	70	64	62,5	53,5
1,2	58,5	59,5	55	53,5	46,5
1,3	50,5	51	48	46,5	41
1,4	44,5	45	42	41	36
1,5	39	39,5	37	36	32,2

Допустимые нагрузки. Допустимый ток нагрузки проводов определяется условиями их работы и допустимостью нагрева той или иной детали (трансформатора, дросселя и т. п.) до определенной температуры, которая в большинстве случаев может доходить до 50—60°. Допустимой нормой нагрузки проводов с плохими условиями охлаждения является ток в 2 *а* на 1 $мм^2$ сечения провода. Этой нормы следует придерживаться, например, в отношении выбора диаметра провода для внутренних обмоток силовых трансформаторов. Для внешних обмоток трансформаторов могут быть применены повышенные нормы нагрузки, например, до 4, иногда даже до 5 $а/мм^2$. Такие нормы обычно применяются для обмоток накала, которые располагаются поверх других обмоток.

Ток плавления. Данные тока плавления проводов из различного материала и различного диаметра приведены в табл. 6,6.

Для тонких проводов (диаметром от 0,02 до 0,2 *мм*) ток плавления может быть определен по формуле

$$I_{пл} = \frac{d - 0{,}005}{K},$$

где $I_{пл}$ — ток в *а*;

d — диаметр проводника в *мм*;

K — постоянный коэффициент, зависящий от материала провода.

Величины K для разных материалов приведены в табл. 6,7.

Таблица 6,6

Ток плавления различных проводов

Ток плавления в *а*	Диаметр проводов для различных материалов в *мм*				
	Медь	Алюминий	Никелин, платина	Свинец	Сталь (железо)
1	0,05	0,07	0,08	0,21	0,12
2	0,08	0,1	0,14	0,32	0,19
3	0,12	0,14	0,18	0,43	0,24
5	0,16	0,19	0,25	0,6	0,35
7	0,20	0,25	0,32	0,8	0,45
10	0,25	0,3	0,39	0,95	0,55
15	0,32	0,4	0,52	1,25	0,72
20	0,39	0,48	0,62	1,5	0,87

Таблица 6,7

Коэффициент K для различных материалов

Материал	Серебро	Медь	Латунь	Платина	Никелин	Константан	Сталь
K	0,03	0,034	0,05	0,053	0,06	0,07	0,13

Во избежание охлаждающего влияния места соединения длина расплавляемого проводника должна быть порядка 5—10 *см* в зависимости от диаметра провода.

6,2. ПРОВОЛОКА ИЗ СПЛАВОВ ВЫСОКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Для изготовления проволочных сопротивлений (реостатов, потенциометров, гасящих сопротивлений и т. п.) рекомендуется пользоваться данными, приведенными в табл. 6,8 и 6,9. Для намотки реостатов, потенциометров и гасящих сопротивлений лучшими являются провода из никелина и константана. При расчете реостатов потенциометров следует исходить из допустимой плотности тока в 4—5 $а/мм^2$.

Если указанные детали очень компактны, то допустимую плотность тока следует уменьшать до 2,5—3 $а/мм^2$. Для изготовления добавочных сопротивлений и шунтов лучше всего применять константан и манганин. При намотке катушек для добавочных сопротивлений изолированным реостатным проводом плотность тока не должна превосходить 1—1,5 $а/мм^2$. В нагревательных приборах обычно используются сплавы типа нихром или фехраль, допускающие высокую рабочую температуру (нихром и фехраль до 900°, константан 500°, никелин 300°).

При нагревании на воздухе нихром покрывается оксидной пленкой, предохраняющей его от дальнейшего окисления. При непрерывном накаливании пленка не разрушается и проволока не подвергается дальнейшему окислению.

Покрытый оксидной пленкой нихромовый провод можно мотать вплотную (без изоляции), но при этом междувитковое напряжение не должно превышать 0,5 *в*.

Таблица 6,8

Общие свойства сплавов высокого сопротивления

Наименование сплава	Удельный вес	Удельное сопротивление (среднее значение)	Удельная проводимость	Средний температурный коэффициент для температуры от 0 до 100°	Максимальная рабочая температура	Температура плавления
Манганин	8,14	0,41	2,2	± 0,00002	100	910
Константан	8,9	0,47	1,97	— 0,000005	500	1 200
Никелин	8,8	0,42	2,25	+ 0,00022	150	1 100
Реоган	8,6	0,48	2,05	+ 0,00023	150	1 100
Нихром	8,2	1,05	0,95	+ 0,00017	1 000	1 480
Фехраль	—	1,3	0,8	+ 0,00008	950	—

Таблица 6,9

Основные данные некоторых реостатных проводов

Диаметр в *мм*	Допустимая нагрузка из расчета 5 *а/мм²* в *а*	Константан		Манганин		Никелин		Нихром	
		Сопротивление 1 *м* в *ом*	Длина провода на 1 *ом* в *мм*	Сопротивление 1 *м* в *ом*	Длина провода на 1 *ом* в *м*	Сопротивление 1 *м* в *ом*	Длина провода на 1 *ом* в *м*	Сопротивление 1 *м* в *ом*	Длина провода на 1 *ом* в *м*
0,05	0,01	250	0,004	220	0,0045	204	0,0049	510	0,002
0,07	0,019	127	0,0078	112	0,0089	104	0,0096	250	0,004
0,1	0,039	62,4	0,016	54,8	0,018	51,0	0,0196	127	0,078
0,11	0,048	51,6	0,019	45,3	0,022	42,1	0,023	105	0,095
0,12	0,056	43,4	0,023	38,1	0,026	35,4	0,028	88,5	0,011
0,13	0,067	36,9	0,027	32,4	0,031	30,1	0,033	75,1	0,013
0,14	0,077	31,8	0,031	27,9	0,0358	26,0	0,038	65,0	0,015
0,15	0,089	27,7	0,036	24,3	0,041	22,6	0,044	56,5	0,017
0,16	0,11	24,4	0,04	21,4	0,0467	19,9	0,050	49,8	0,020
0,18	0,13	19,2	0,05	16,9	0,059	15,7	0,063	39,2	0,025
0,20	0,16	15,6	0,064	13,7	0,073	12,7	0,078	31,9	0,031
0,22	0,19	12,9	0,077	11,3	0,088	10,5	0,095	26,3	0,038
0,25	0,25	9,98	0,10	8,76	0,114	8,14	0,123	20,4	0,049
0,30	0,35	6,9	0,144	6,06	0,164	5,66	0,177	14,2	0,070
0,32	0,4	6,10	0,164	5,34	0,187	4,98	0,201	12,4	0,080
0,35	0,48	5,09	0,196	4,47	0,224	4,16	0,241	10,4	0,096
0,40	0,63	3,89	0,257	3,42	0,293	3,18	0,315	7,94	0,126
0,45	0,8	3,08	0,325	2,71	0,37	2,52	0,398	6,29	0,159
0,50	0,98	2,5	0,40	2,20	0,456	2,04	0,49	5,10	0,196
0,6	1,4	1,73	0,578	1,52	0,658	1,37	0,707	3,54	0,28
0,7	1,9	1,27	0,786	1,12	0,895	1,04	0,96	2,6	0,38
0,8	2,5	0,97	1,03	0,85	1,17	0,795	1,26	1,99	0,50
0,9	3,2	0,77	1,30	0,675	1,48	0,629	1,59	1,57	0,636
1,0	3,9	0,62	1,6	0,548	1,83	0,510	1,96	1,27	0,785
1,1	4,8	0,51	1,94	0,453	2,21	0,42	2,38	1,05	0,95
1,2	5,7	0,43	2,31	0,38	2,63	0,35	2,83	0,885	0,13

6,3. МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Значительное место в радиотехнике занимают детали, устройство и работа которых связаны с использованием различных сплавов стали. К ним относятся трансформаторы, реле, электромагниты, постоянные магниты, экраны, шасси, высокочастотные сердечники и т. п.

Общие определения. Все существующие материалы по их магнитным свойствам делятся на диамагнитные (совершенно не обладающие магнитными свойствами), парамагнитные (с очень слабо выраженными магнитными свойствами) и ферромагнитные (с ярковыраженными магнитными свойствами). К третьей группе относятся железо, сталь, чугун, никель и их сплавы. Ферромагнитные материалы делятся на две основные группы: 1) магнитно-мягкие материалы и 2) магнитно-твердые материалы.

Для характеристики свойств магнитных материалов пользуются следующими понятиями и величинами:

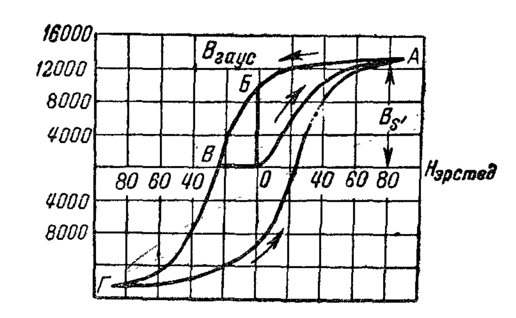
H — напряженность магнитного поля, создаваемая внутри катушки, по которой проходит электрический ток, выражается в эрстедах;

Φ — магнитный поток в ферромагнитном материале, выражается в максвеллах (*мкс*);

B — магнитная индукция, показывает степень намагничивания материала и выражается в гауссах (*гс*).

Напряженность магнитного поля зависит от произведения величины тока в обмотке на число витков в обмотке, т. е. от ампервитков *ав*, μ — магнитная проницаемость материала, величина, показывающая, во сколько раз уменьшается магнитное сопротивление данного участка магнитной цепи, благодаря наличию в нем вместо воздуха стали или другого магнитного материала.

Изменение магнитной индукции B (при намагничивании и размагничивании) происходит по определенной закономерности. Это изменение, выраженное графически, образует кривую, называющуюся петлей гистерезиса (фиг. 6,1). Из кривой петли гистерезиса получают ряд данных, характеризующих магнитные свойства материала, к которому относится эта кривая. Так, например, B_s — индукция насыщения, OB — остаточная индукция, величина $\mu = \frac{B}{H}$ для различной напряженности H (участок кривой OA). Из петли гистерезиса определяется также и коэрцитивная сила (участок OB), характеризующая способность материала сохранять магнитный поток после намагничивания, а также потери мощности, связанные с перемагничиванием материала. Под действием переменного магнитного поля в самом сердечнике (магнитопроводе) по законам электромагнитной индукции возникают токи, нагревающие этот сердечник, на что тратится некоторая мощность. Токи, возникающие в сердечнике, называются вихревыми токами. Потеря мощности на нагревание сердечника называется потерями на вихревые токи.



Фиг. 6,1. Петля гистерезиса.

Оценка магнитного материала, работающего в переменном магнитном поле, производится по суммарному значению мощности, затрачиваемой на гистерезис и вихревые токи при частоте 50 *гц*, отнесенной к 1 *кг* веса материала. Эта величина называется удельными потерями и обозначается P_{10} (индексы указывают величину наибольшей, достигаемой при перемагничивании магнитной индукции в килогауссах). С возрастанием частоты потери на гистерезис и вихревые токи возрастают. Для уменьшения этих потерь сердечники и магнитопроводы, работающие в цепях переменного тока, делаются не сплошные, а из пластинок толщиной от 0,3 до 0,5 *мм*, поверхности которых изолированы лаком или тонкой бумагой.

При расчетах силовых трансформаторов магнитная индукция выбирается в пределах от 8 000 до 10—15 тыс. *гс*, в зависимости от качества материала. Допущение индукции большей, чем принято для данного сорта стали, хотя и позволяет уменьшить число витков, но влечет за собой чрезмерное увеличение потерь в сердечнике и к нагреву последнего. В трансформаторах, предназначенных для работы в усилителях низкой частоты, не допускается искажение формы кривой переменного тока. Поэтому величина расчетной индукции выбирается на прямолинейном участке кривой намагничивания и колеблется от 4 000 до 6 000 *гс*.

Магнитно-мягкие материалы. Листовая электромагнитная сталь является наиболее распространенным материалом для сердечников трансформаторов, дросселей низкой частоты и магнитопроводов различных электрических машин.

Существует много различных марок этой стали. Основными из них являются Э1ААБ, Э4АА, Э3А, которые характеризуются высокой индукцией (В-10 000 — 15 000 *гс*), малыми удельными потерями ($P_{10}=1,6$ *вт/кг*) и применяются при частотах от 50 до 10 000 *гц*.

Гайперсил — современная марка листовой электротехнической стали, обладает повышенной магнитной проницаемостью и очень малыми удельными потерями. Это позволяет уменьшить количество намагничивающих ампервитков в 5—8 раз. Применение гайперсила дает значительную экономию меди и позволяет изготовлять облегченные трансформаторы.

Пермаллой и альсифер — специальные сплавы, имеющие очень большую магнитную начальную проницаемость $\mu_0=15\,000 \div 18\,000$. Эти материалы используются также для изготовления сердечников высокочастотных катушек. Данные магнитных материалов приведены в табл. 6,10.

Таблица 6,10

Свойства магнитно-мягких материалов

Наименование материала	Начальная магнитная проницаемость μ_0	Максимальная магнитная проницаемость $\mu_{макс}$	Индукция насыщения *B* в *гс*	Коэрцитивная сила *H* в Ое	Полные потери при P_{10} в *вт/кг*
Листовая электротехническая сталь марки Э4АА	—	14 400	—	—	1,45
Сталь Э 1ААБ	—	15 400	—	—	2,85
Сталь Армко	—	7 000	18 000	0,9—1,15	—
Пермаллой	15 000	75 000	11 000	0,05	—
Альсифер	8 000—9 000	—	12 000—15 000	—	—

Магнитно-твердые материалы характеризуются большим значением коэрцитивной силы H_c (широкая петля гистерезиса). Эти материалы, будучи намагниченными, очень хорошо сохраняют магнетизм, и поэтому применяются для изготовления постоянных магнитов для динамиков, динамических микрофонов, телефонов и т. д.

Качество постоянных магнитов в основном определяется величиной остаточной индукции *B*, величиной создаваемого магнитного поля, коэрцитивной силой H_c, характеризующей устойчивость постоянных магнитов против размагничивающих влияний и магнитной энергией на единицу объема $\left(\text{«добротностью»} - \frac{(BH)\ макс}{8\pi}\right)$.

Наибольшее распространение получили магниты из вольфрамовых и хромовых сталей, имеющие удовлетворительные магнитные свойства и дешевые в производстве. Значительно лучшим материалом являются кобальтовые сплавы, но они требуют дефицитного материала (кобальта) и поэтому дороги. Кроме них выпускается ряд других сплавов, обладающих очень высокими магнитными свойствами. Таковы, например, сплавы альни, альниси и магнико.

Сравнительные данные материалов для постоянных магнитов приведены в табл. 6,11.

Таблица 6,11

Свойства магнитно-твердых материалов

Наименование материала	Остаточная индукция *BH* в *гс*	Коэрцитивная сила H_c в Ое	Магнитная энергия *эрг/см³*
Углеродистая сталь	12 000	25—35	—
Вольфрамовая „	10 000	60	12 10³
Хромистая „	9 000	60	11.10³
Кобальтовая „	9 000	130	20.10³
Альни (никель—алюминий)	5 500	550	52.10³
Альниси (никель—алюминий—кремний)	4 000	800	56.10³
Магнико	12 000	650	190.10³

Высокочастотные сердечники являются магнитно-мягким материалом, обработанным для применения в цепях токов высокой частоты. Эта обработка сводится к приготовлению химическим или механическим способом порошков, которые в определенной пропорции смешиваются со специальными изоляционными связующими массами типа бакелитовой смолы или полистирола. Из получившейся смеси, при определенных термических условиях, прессуются сердечники любой формы. Такие сердечники, изготовляемые из пермаллоя, альсифера, карбонильного железа или магнетита, обладают большой магнитной проницаемостью и очень малыми потерями на гистерезис и токи Фуко вследствие того, что отдельные частицы стали разделены изоляционной массой. Применение этих сердечников, часто называемых магнитодиэлектриками или ферромагнетиками, в контурных катушках и дросселях высокой частоты значительно повышает их индуктивность и добротность, позволяет уменьшить геометрические размеры катушек и количество провода для получения нужной индуктивности и уменьшает влияние внешних полей.

В настоящее время нашей промышленностью выпускаются цилиндрические сердечники диаметром 7, 9, 12 и 20 *мм* и длиною от 20 до 40 *мм* и сердечники сложной формы, позволяющие изготовить катушки с замкнутым магнитопроводом.

Свойства высокочастотных сердечников из различного материала характеризуются величинами, приведенными в табл. 6,12.

Таблица 6,12

Свойства некоторых высокочастотных материалов

Наименование материала	Коэффициент потерь на токи Фуко	Температурный коэффициент	Средний размер зерна в микронах	Область применения
Альсифер РЧ-6 (радиочастотный)	2	—0,6	15	Подстройка катушек при частоте до 45 *мггц*
Альсифер РЧ-9 (радиочастотный)	3,5	—0,6	20	То же, при частотах до 2 *мггц*
Карбонильное железо	5	0,2	1—10	Сердечники различных типов до 1 000 *мггц*
Магнетит	8	1,5	600	Сердечники массовой радиоаппаратуры
Альсифер ВЧ-30 (высокочастотный)	50	2	50	ВЧ телефония по проводам и сердечники для радиоаппаратуры до 1 000 *кгц*
Альсифер ТЧ-60 (тональной частоты)	120	—2	50	Сердечники пупиновских катушек и фильтров
Пермаллой НЧ (низкой частоты) . .	1 500	+5	100	Сердечники пупиновских катушек

6,4. ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для изготовления радиоаппаратуры и ее деталей используется большое количество различных изоляционных материалов. Особенно большое значение имеет выбор материала для изготовления контурных катушек, трансформаторов промежуточной частоты, дросселей, конденсаторов и других деталей, работающих в цепях высокой частоты. От качества изоляционных материалов в значительной степени зависит качество и постоянство электрических характеристик радиодеталей и узлов.

Качество изоляционных материалов обычно принято характеризовать следующими основными данными: диэлектрической проницаемостью (ε), коэффициентом потерь (тангенс угла потерь — $\operatorname{tg} \delta$), диэлектрической прочностью, температуростойкостью, гигроскопичностью и способностью обрабатываться.

Электроизоляционные лаки. Лаком называется жидкое вещество, состоящее из растворителя (бензина, спирта, ацетона) и смол (канифоли, шеллака, бакелита). Существует три основных вида лаков: пропиточные, покровные и клеящие. Первые два вида применяются для пропитки или покрытия изделий. После просушки растворитель улетучивается, а оставшаяся смола образует пленку, которая улучшает пробивную прочность, увеличивает теплопроводность и уменьшает гигроскопичность детали. Наиболее употребительными лаками являются: бакелитовый и шеллачный.

Бакелитовый лак представляет собой раствор бакелита в спирте. Наиболее ценным качеством бакелитовой смолы является ее способность приобретать новые свойства после нагревания примерно до 120—160°. Благодаря этим свойствам она после этого не растворяется в спирте и не размягчается при дальнейшем нагревании. Этими же свойствами обладает и бакелитовый лак после высыхания.

Шеллачный лак представляет собой раствор шеллака в этиловом спирте. Этот лак обладает высокой клеящей способностью, но сравнительно гигроскопичен и хрупок.

Шеллак является выделением тропических насекомых, собираемым с растений, на которых живут эти насекомые. Внешне шеллак выглядит как мелкие блестящие чешуйки оранжевого цвета.

Воскообразные вещества и битумы. Для пропитки и заливки трансформаторов, конденсаторов, дросселей и других деталей с целью уменьшения их гигроскопичности применяются воскообразные вещества и битумы, краткая характеристика которых приводится ниже.

Парафин — белое вещество, добывающееся из нефти, смолы, бурого угля и сланцев. Парафин плавится при температуре 54° и имеет большой коэффициент теплового расширения: при нагревании до жидкого состояния объем его увеличивается на 11—15%. Парафин, употребляющийся для пропитки, не должен иметь механических примесей, кислот и щелочей.

Галовакс — вещество голубовато-желтого цвета с температурой плавления от 93 до 132°, применяется, главным образом, для пропитки конденсаторов и конденсаторной бумаги.

Церезин — очищенный озокерит. Озокерит (горный воск) вещество черного цвета, являющееся ископаемым сырьем (продукт естественного выветривания нефти). Церезин более пластичен, нагревостоек, имеет меньшую усадку, чем парафин, и служит для пропитки катушек трансформаторов, изоляционных кабелей и проводов.

Битумы — продукты окисления нефти. Битумы бывают естественные и искусственные. Естественные битумы — ископаемое сырье, образовавшееся в результате окисления нефти в природных условиях (асфальты).

Компаунды — материалы, служащие для пропитки и заливки электрооборудования с целью повышения влагостойкости, теплопроводности и улучшения изоляционных свойств различных деталей. В отличие от лаков, компаунды не содержат растворителей и применяются для пропитки или заливки в расплавленном состоянии. Компаунды представляют смесь в различной пропорции битумов, воскообразных веществ, этилцеллюлозы, стирола и масла.

Пластмассы являются наиболее распространенными изоляционными материалами, из которых изготовляются разнообразные детали. Они составляются из связующих материалов и наполнителей. Основными связующими материалами являются искусственные смолы (бакелиты), естественные смолы (битумы) и различные неорганические вещества.

Наполнителями обычно служат тальк, мел, мраморная мука, молотая слюда, асбестовое волокно, хлопчатобумажные очесы и т. д. Смесь веществ для той или иной пластмассы называется пресспорошком и служит исходным продуктом для изготовления деталей.

Изделия из пластмассы изготовляются путем горячей или холодной прессовки пресспорошков с последующей их просушкой и иногда дополнительной обработкой (лакировкой, пропиткой).

Большое распространение получили слоистые пластмассы, из которых вырабатывается листовой изоляционный материал. Наиболее известными из них являются гетинакс и текстолит.

Гетинакс представляет собой слоистый материал, в состав которого входит бумага и синтетические смолы. Изготовляется гетинакс путем горячего прессования бумаги, пропитанной бакелитовой или синтетической смолой. Листы гетинакса изготовляются толщиной от 2 до 20 *мм*. Стандартный гетинакс не следует употреблять для изготовления деталей, работающих в высокочастотных цепях из-за больших диэлектрических потерь, высокой диэлектрической проницаемости и низкого удельного объемного сопротивления.

Текстолит — слоистая пластмасса, получаемая путем горячей прессовки слоев хлопчатобумажной ткани, пропитанной бакелитовой смолой. Листы текстолита изготовляются толщиной от 0,5 до 50 *мм*. Изоляционные качества текстолита гораздо хуже, чем у гетинакса, и поэтому его следует применять только для изготовления деталей радиоаппаратуры, применяемых в низкочастотных цепях и цепях постоянного тока.

Бумажно-бакелитовые трубы для намотки контурных катушек приемников изготовляются из пропиточной бумаги, пропитанной бакелитовым лаком путем закатки на специальных станках и последующей просушки в печах при температуре 125°. Эти трубки обладают высокими диэлектрическими свойствами, высоким удельным объемным сопротивлением и исключительно хорошей способностью поддаваться механической обработке вплоть до полировки и нанесения тонкой резьбы.

Полистирол — пластмасса из прозрачной бесцветной смолы, обладающая исключительно высокими диэлектрическими свойствами, поэтому полистирол получил большое распространение в радиотехнической промышленности, как материал для каркасов катушек. К его недостаткам относится температурная нестойкость.

Полихлорвинил — резинообразная пластмасса, получаемая путем соединения газа ацетилена с соляной кислотой. Хлорвиниловая изоляция для проводов является пластикатом, состоящим из 60% полихлорвинила и 40% пластификатора. Хлорвинил стоек к действию масла, бензина, кислот, щелочей и влаги, а также к парам уксусной кислоты и сероводороду.

Эбонит представляет собой вулканизированную смесь каучука с серой (содержание серы доходит до 25—50%). В прошлом был весьма распространенным материалом для изготовления радиоаппаратуры, но вытеснен другими изоляторами, вследствие ряда недостатков, из которых основными являются: очень низкая теплостойкость, способность деформироваться с течением времени и понижать поверхностное сопротивление под влиянием света.

Плексиглас — прозрачный материал (небьющееся стекло). Весьма устойчив к действию масла, бензина и щелочей, прекрасно обрабатывается. Находит применение в радиоаппаратуре преимущественно для изготовления шкал, визиров и для декоративных целей.

Микалекс — молотая слюда, спрессованная с легкоплавким стеклом при температуре около 600° и при давлении около 600 *кг/см²*. Обладает высокими электрическими свойствами, хорошо обрабатывается, весьма нагревостоек и негигроскопичен.

Минеральные диэлектрики применяются в сравнительно незначительных количествах. Основными из них являются:

Слюда — минерал слоистого строения, обладает свойством расслаиваться на чрезвычайно тонкие листки толщиной до 0,004 *мм*. Хорошая слюда должна быть чиста, без пятен и без волнистости. Такая слюда без трещин и переломов накручивается на стержень диаметром 3 *мм*, обладает высокой нагревостойкостью и пробивной прочностью (до 200—250 *кв/см*). Применяется в качестве диэлектрика в конденсаторах постоянной емкости.

Асбест — минерал, имеющий волокнистое строение, обладает высокой теплостойкостью, гигроскопичен. В радиолюбительской практике применяется почти исключительно для изоляции обмоток в электропаяльниках.

Керамика. Этим названием объединяется группа материалов, получаемых посредством спекания различного минерального сырья при высокой температуре. С керамическими материалами радиолюбителям приходится иметь дело исключительно в виде готовых изделий, а не в виде поделочного материала, пригодного для обработки. Из очень многочисленных видов керамики заслуживают упоминания следующие:

Фарфор электротехнический. В радиотехнике применяется почти исключительно для изготовления антенных изоляторов и вводных воронок.

Радиофарфор применяется для изготовления каркасов коротковолновых катушек, ламповых панелек, изоляторов в переменных конденсаторах. Радиофарфор в отношении диэлектрических свойств выше не только обычного фарфора, но и всевозможных пластмасс.

Стеатит — применяется в деталях, работающих в высокочастотных цепях.

Пирофиллит. Области применения такие же, как и радиофарфора.

Тиконд — материал с высокой диэлектрической проницаемостью, применяется в качестве диэлектрика в нагревостойких конденсаторах.

Особенностью тиконда является отрицательный температурный коэффициент. Вследствие этого тикондовые конденсаторы применяются в настраивающихся контурах для компенсации ухода частоты, вызванного прогревом деталей.

Конденсаторы на керамическом основании изготавливаются в виде трубочек, шайб, конденсаторных пластин емкостью до 3 000—4 000 *пф*. Электроды в этих конденсаторах представляют тонкие слои серебра, нанесенные на керамику путем вжигания. Применение керамических конденсаторов вместо слюдяных значительно повышает чувствительность, избирательность и другие параметры приемников.

Глава седьмая

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Радиоаппаратуру можно питать от разнообразных источников тока, но практически питание ее осуществляется в подавляющем большинстве случаев от гальванических элементов, аккумуляторов или осветительной сети переменного тока.

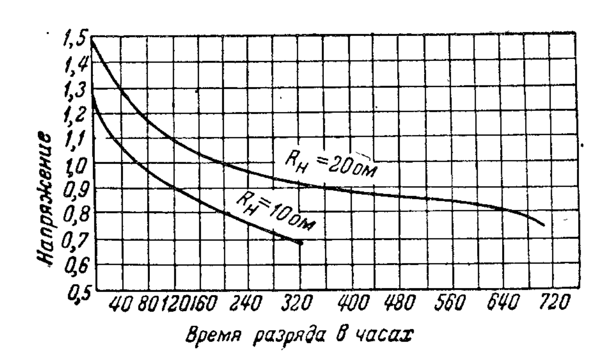
7,1. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Гальванические элементы вырабатывают электрическую энергию за счет происходящих в них химических реакций. В общем виде гальванический элемент состоит из двух проводников — электродов, погруженных в электролит, вступающий в химическую реакцию с одним из элек-

тродов. При потреблении от элемента тока этот электрод, обычно цинковый, растворяется в электролите.

По характеру электролита элементы разделяются на три группы: с жидким электролитом, с загущенным желеобразным электролитом (так называемые «сухие» элементы) и водоналивные. Первые два типа выпускаются заводами готовыми к немедленному действию, элементы третьего типа должны быть перед употреблением залиты водой, так как они содержат электролит в сухом виде. Большинство выпускаемых элементов принадлежит к категории сухих.

При работе элемента в его электролите выделяются газы, которые покрывают положительный электрод непроводящим слоем, препятствующим работе элемента. Это явление называется **поляризацией**. Для устранения явления поляризации во многие элементы вводятся **деполяризаторы** — вещества, поглощающие выделяющиеся газы, например, двуокись марганца (MnO_2), окись меди (CuO) и др. В элементах с воздушной деполяризацией (ВД) деполяризатором является кислород воздуха, для притока которого в элементе имеются специальные дыхательные отверстия.



Фиг. 7,1. Изменение напряжения элемента от времени разряда.

Работа гальванического элемента теоретически прекращается по израсходовании всего электрода, растворяющегося в электролите. Но практически элементы перестают работать несколько раньше, обычно из-за высыхания или истощения электролита и деполяризатора.

Гальванические элементы характеризуются следующими данными. **Электродвижущей силой** (э. д. с.), т. е. разностью потенциалов, измеренной между его электродами при разомкнутой внешней цепи. Использовать полностью э. д. с. элемента нельзя, так как каждый элемент обладает относительно большим внутренним сопротивлением. При работе элемента, т. е., когда он дает ток I, его э. д. с. распределяется между внешним нагрузочным сопротивлением R_n и внутренним — ρ пропорционально их величинам:

$$e = I \cdot \rho + I \cdot R_n.$$

Величина $I \cdot \rho$ представляет падение напряжения внутри элемента, а величина IR_n — падение напряжения на сопротивлении нагрузки. Величина IR_n называется **рабочим напряжением элемента** или просто напряжением элемента. Из приведенного следует, что напряжение элемента

меньше его э. д. с. и не является величиной постоянной. Оно зависит от величины потребляемого от элемента тока: чем больше потребляемый от элемента ток, тем больше падение напряжения внутри элемента и тем меньше его рабочее напряжение.

Внутреннее сопротивление также не остается постоянным; оно возрастает с увеличением потребляемого от элемента тока и увеличивается по мере работы элемента. Внутреннее сопротивление элементов различных типов не одинаково. У элементов же каждого данного типа оно зависит от величины элемента: чем больше размеры элемента, тем меньше его внутреннее сопротивление и тем больший ток можно от него получить. Величина э. д. с. от размеров элемента не зависит, она присуща элементу данного типа и в зависимости от химического состава входящих в элемент веществ может лишь незначительно колебаться. Характер изменения напряжения элемента в зависимости от времени разряда показывают кривые фиг. 7,1.

Электродвижущая сила наиболее распространенных гальванических элементов приведена в табл. 7,1.

Таблица **7,1**

Данные наиболее распространенных элементов

№ по пор.	Э. д. с. в в	Электроды: положительные	Электроды: отрицательные	Электролит	Деполяризатор
1	1,5—1,7	Уголь	Цинк	Раствор нашатыря [1]	Графит и марганец
2	1,45—1,4	Уголь	Цинк	Нашатырь [2]	Графит, марганец и кислород воздуха
3	1	Медь	Цинк	Цинковый купорос и медный купорос	Медный купорос
4	1,9	Уголь	Цинк	Двухромовокислый калий, серная кислота, вода	—
5	1,9	Уголь	Цинк	Раствор серной кислоты и азотная кислота	Два сосуда

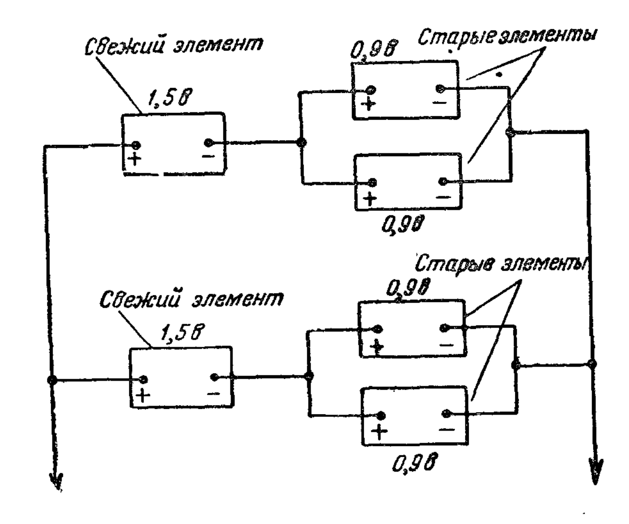
[1] Выпускаются в двух вариантах: сухие и мокрые.
[2] Выпускаются с марганцево-воздушной деполяризацией типа МВД.

Электрической емкостью или просто **емкостью гальванического элемента** называется то количество электричества, которое он способен отдать во внешнюю цепь в течение всего времени разряда. Емкость Q измеряется в амперчасах (*ач*) и определяется перемножением силы тока I в *а*, даваемого элементам, на время t в часах в течение которого элемент разряжался, т. е.

$$Q = I \cdot t.$$

Емкость элемента зависит от его размеров, материала электродов, количества и химического состава электролита и деполяризатора. Чем больше размеры элемента, тем больше его емкость. Теоретически емкость элемента определяется количеством вещества растворяющегося

электрода. Практически полная теоретическая емкость элемента не используется, так как обычно элемент становится неработоспособным, когда растворится примерно лишь половина его растворимого электрода. Саморазряд и другие побочные явления дополнительно снижают отдаваемую элементом емкость. Кроме того, величина емкости элемента зависит от силы разрядного тока. При слабом разрядном токе элементы отдают бо́льшую емкость, чем при разряде сильным током. Прерывистый разряд, т. е. чередование разряда с периодами отдыха, способствует более полному использованию емкости элемента. В заводском паспорте каждого элемента указывается величина сопротивления нагрузки, рекомендуемая для данного элемента. Элемент должен отдать свою эти-



Фиг. 7,2. Смешанное включение элементов для подбора наивыгоднейших условий их работы.

кетную емкость при разряде на такую нагрузку до напряжения 0,7 *в* (цифры относятся к элементам первых двух типов). В условиях обычной эксплоатации элемент можно разрядить лишь до напряжения 0,9 *в*, вследствие чего элемент отдает лишь около половины своей емкости. Для увеличения использования емкости элементов при питании ламп с двухвольтовым накалом разряженные элементы целесообразно соединять по два в параллель и последовательно с ними включать один свежий элемент. При большом разрядном токе две таких ветви соединяются параллельно, как показано на фиг. 7,2. Подобным комбинированием элементов можно значительно повысить коэффициент их использования.

Следует заметить также, что отдаваемая элементом емкость несколько увеличивается, если разряд происходит в теплом помещении, и уменьшается при разряде в условиях низкой температуры, например, на морозе.

Основные данные некоторых типов гальванических элементов и батарей приведены в табл. 7,2.

Таблица 7,2

Основные данные некоторых типов гальванических элементов и батарей

Типы элементов и батарей	Наименование батарей и элементов	Число элементов в батарее	Электрические характеристики					Срок хранения	
			Начальная э. д. с. в *в*	Начальное напряжение в *в*	Номинальный разрядный ток в *ма*	Начальная емкость в *а*	Предельное напряжение в *в*	Месяцы	Емкость в конце срока хранения в *ач*
БАС-Г-60-Х-1, 3 (ГАФ)	Анодная сухая	42	74	71	15	1,3	40	12	0,95
3СЛ-30 (РУФ)	Гальванический элемент для телефонных и телеграфных аппаратов	1	1,5	1,42	140	30	0,7	18	22,5
3СМВД	Сухой элемент с марганцевовоздушной деполяризацией	1	1,4	1,35	60	45	0,7	9	23
6СМВД	То же	1	1,4	1,3	250	150	0,7	9	110
БНС-МВД-500	Батарея накальная сухая	4	1,45	1,4	500	500	0,8	10	320
БС-70	Анодная сухая батарея	50	75	73	20	7,0	35	10	4,9
Б-30 № 4	То же	20	30	28	50	13	14	12	10
БАСГ-СА-45	Сухая анодная галетного типа	30	48	46	13	0,8	30	7	0,56
БГ-4,5	То же	3	4,7	4,2	400	1,0	2	6	0,7
1КСХ-3 Сатурн	Элемент круглый для карманного фонаря	1	1,75	1,55	—	2,5	0,7	8	1,75
ФБС	То же	1	1,5	1,3	—	0,25	—	—	—
КБС-Х-0,55	Карманная батарея сухая	3	4,8	3,7	—	0,55	2	6	0,35
КБС-Л-0,35	То же	3	4,5	3,5	—	0,35	21	4	0,23

7,2. АККУМУЛЯТОРЫ

Аккумуляторы, иначе называемые вторичными элементами, сами не вырабатывают электрическую энергию, но обладают способностью запасать ее (аккумулировать) при пропускании через аккумулятор тока от постороннего источника. Этот процесс носит название заряда аккумулятора. Заряженный аккумулятор может сохранять заряд довольно продолжительное время, но длительное хранение заряженных аккумуляторов вредно для них. Как правило, аккумуляторы должны заряжаться или подзаряжаться каждый месяц независимо от того, разряжались они или нет. При хорошем уходе аккумуляторы выдерживают примерно от 200 до 500 циклов заряд — разряд.

Запасание электрической энергии в аккумуляторах происходит за счет химических процессов в веществе электродов или специальной

активной массы. При заряде электрическая энергия преобразуется в химическую, при разряде — химическая энергия вновь превращается в электрическую. Аккумуляторы характеризуются в основном теми же параметрами, что и гальванические элементы — напряжением в *в* и емкостью в *ач*.

В настоящее время распространены аккумуляторы двух типов: кислотные (свинцовые) и щелочные (железо-никелевые или кадмиево-никелевые). Данные аккумуляторных электродов приведены в табл. 7,3.

Таблица 7,3

Электроды и электролит аккумуляторов

Тип аккумулятора	Материал пластин	Активная масса		Электролит
		Положительная пластина	Отрицательная пластина	
Кислотный	Свинец	Смесь свинцового сурика и глета		Раствор химически чистой серной кислоты H_2SO_4, в дистиллированной воде удельный вес 1,2—1,21
Щелочный	Железо	Гидрат закиси никеля $Ni(OH)_2$	Гидрат закиси кадмия $Cd(OH)$ и гидрат окиси железа $Fe(OH)_2$	Раствор едкого кали (KOH), удельный вес 1,18—1,2

Напряжение аккумуляторов колеблется в довольно широких пределах в зависимости от степени их разряженности.

Три основные величины напряжений аккумуляторов обоих типов приведены в табл. 7,4.

Таблица 7,4

Напряжения аккумуляторов

Тип аккумулятора	Напряжение в *в*		
	в конце зарядки	рабочее напряжение	предельное, ниже которого нельзя разряжать аккумулятор
Кислотный	Не ниже 2,5	2	1,8
Щелочный	1,75—1,8	1,25	1

Разряжать аккумуляторы ниже предела, указанного в табл. 7,4, не следует, так как это способствует укорочению срока их службы.

Емкость аккумуляторов, так же как и емкость гальванических элементов, в основном зависит от их размеров. У аккумуляторов емкость

характеризует не только то количество электроэнергии, которое может быть запасено аккумулятором, но определяет также величины зарядного и разрядного тока. Предельный зарядный и разрядный ток кислотного аккумулятора не должен превышать 8—10% его емкости, выраженной в амперчасах. Например, при емкости аккумулятора в 40 *ач* зарядный и разрядный ток не должен превышать 4 *а*, при емкости 10 *ач* он соответственно не должен превышать 1 *а* и т. д. Щелочные аккумуляторы можно заряжать и разряжать током, величина которого, выраженная в амперах, может доходить до 15—20% величины емкости, выраженной в амперчасах, но лучше придерживаться более низких норм. Таким образом, нормальным зарядным и разрядным током для щелочного аккумулятора емкостью в 20 *ач* будет ток в 2—2,5 *а*.

Разряженный кислотный аккумулятор должен быть подвергнут зарядке не позже, чем через сутки. Щелочные аккумуляторы без вреда переносят продолжительное пребывание в разряженном состоянии.

Кислотные аккумуляторы обладают крайне незначительным внутренним сопротивлением. Поэтому при коротком замыкании кислотных аккумуляторов развивается ток огромной силы, который губителен для них. Следовательно, кислотные аккумуляторы никоим образом нельзя замыкать накоротко. Внутреннее сопротивление щелочных аккумуляторов несколько больше, чем кислотных. Вследствие особой прочности пластин эти аккумуляторы без вреда переносят кратковременное короткое замыкание, но все же частые короткие замыкания вредны и для щелочных аккумуляторов.

Основные характеристики некоторых типов свинцовых и щелочных аккумуляторов приведены в табл. 7,5 и 7,6.

Таблица 7,5

Основные характеристики некоторых типов свинцовых аккумуляторов

Обозначение типов батарей и элементов	Назначение	Число элементов в батарее	Номинальное напряжение в *в*	Емкость в *ач*	Режим разряда 10-часовой		
					Сила тока в *а*	Емкость в *ач*	Конечное напряжение в *в*
4ОРА9—3	Для питания анодов ламп	40	80	3	0,1	2,5	72
1ОРАС—5	То же	10	20	5,0	0,16	4	18
1ОРАДАН—5	» »	10	20	5,0	0,16	4	18
1ОРАДАН—10	» »	10	20	10,0	0,32	8	18
РНП-60	Для питания нитей накала ламп	1	2	60	6,0	60	3,6
2РНП—40	То же	2	4	40	4	40	3,6
2РНП—60	» »	2	4	60	6	60	3,6
2РНП—80	» »	2	4	80	8	80	3,6
3РНЭ—40	» »	3	6	40	4	40	5,4
3РНЭ—60	» »	3	6	60	6	60	5,4
3РНЭ—80	» »	3	6	80	8	80	5,4

Таблица 7,6

Основные данные некоторых типов щелочных аккумуляторов и батарей

Тип	Число аккумуляторов в батарее	Номинальное напряжение в *в*	Номинальный 6-часовой режим заряда			Нормальный 8-часовой режим разряда			Габаритные размеры футляра			Вес батареи с электролитом в *кг*
			Сила тока в *а*	Емкость в *ач*	Наименьшее напряжение заряженной батареи в *в*	Сила тока в *а*	Номинальная емкость, отданная при разряде в *ач*	Наименьшее напряжение в конце разряда в *в*	Длина без ручек в *мм*	Ширина без арматуры в *мм*	Высота в *мм*	
32АКН-2,25 . .	32	40	0,56	3,36	41,6	0,28	2,25	32	525	165	168	14,2
64АКН-2,25 . .	64	80	0,56	3,36	83,2	0,28	2,25	64	575	317	168	28,6
10НКН-22М . .	10	12,5	5,5	33,0	13,0	2,75	22	10	465	148	252	21,0
17НКН-22 . .	17	21,25	5,5	33,0	22,1	2,75	22	17	435	285	252	35,0
2НКН-45М . .	2	2,5	11,25	67,5	2,6	5,65	45	2	171	148	252	7,8
3НКН-45М . .	3	3,75	11,25	67,5	3,9	5,65	45	3	238	148	252	11,2
4НКН-45М . .	4	5,0	11,25	67,5	5,2	5,65	45	4	305	148	252	14,5
4НКН-45 . . .	4	5,0	11,25	67,5	5,2	5,65	45	4	305	148	252	14,0

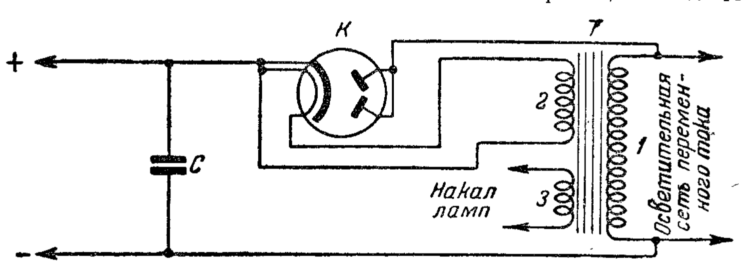
7,3. СПОСОБЫ ПИТАНИЯ РАДИОПРИЕМНИКОВ ОТ СЕТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА. ЛАМПОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ. ТВЕРДЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ. ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ. АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ

В местностях, имеющих электрическую энергию, питание радиоаппаратуры, как правило, производится от осветительной сети. Преобладающее распространение получили осветительные сети переменного тока, поэтому большая часть аппаратуры питается от сетей переменного тока. Питание накала современных подогревных ламп можно производить непосредственно переменным током пониженного до нужной величины напряжения. Для питания же анодных цепей радиоаппаратуры и цепей экранных сеток переменный ток надо преобразовать в постоянный, что осуществляется при помощи выпрямителей. Выпрямители бывают ламповые или так называемые «твердые» — в большинстве случаев селеновые.

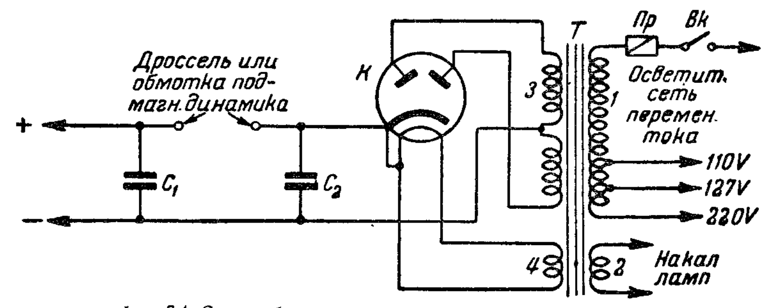
Ламповые выпрямители. Наиболее распространенными являются подогревные лампы с напряжением накала 6,3 *в* и кенотроны с напряжением накала 5 *в*. Схема простейшего однополупериодного выпрямителя представлена на фиг. 7,3. Трансформатор *Т* имеет три обмотки: *1* — предназначенную для включения в осветительную сеть переменного тока, *2* — для питания накала кенотрона и *3* — для питания накала ламп приемника. Обмотка *2* рассчитывается на 5 *в* или другое напряжение, соответствующее напряжению накала кенотрона *К*, а обмотка *3* — на напряжение 6,3 *в* (для ламп старого типа 4 *в*). Фильтр простейшего типа состоит из одного конденсатора *С* емкостью в 4—10 *мкф*. Напряжение, даваемое таким выпрямителем, равно напряжению сети или несколько

меньше его. Подобный выпрямитель пригоден для питания примитивных приемников, преимущественно одноламповых, или каких-либо приборов, для которых не требуется полное сглаживание пульсации выпрямленного тока. Неудобство выпрямителей такого рода состоит в том, что к питаемому от них аппарату нельзя присоединять землю, потому что при этом окажется заземленной осветительная сеть.

Наиболее распространенная схема двухполупериодного выпрямителя трансформаторного типа изображена на фиг. 7,4. Силовой трансформатор *Т* рассчитывается на включение в осветительную сеть с различным напряжением, обычно 110, 127 и 220 *в*. По схеме фиг. 7,4 в сеть 110 *в*



Фиг. 7,3. Схема простейшего однополупериодного выпрямителя.



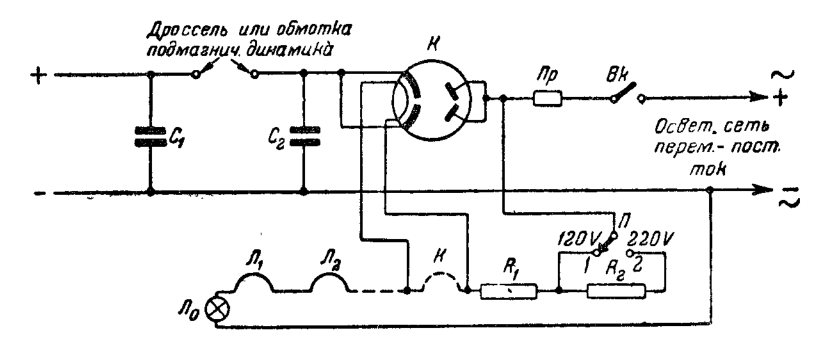
Фиг. 7,4. Схема обычного двухполупериодного выпрямителя.

включается часть сетевой обмотки *1*, находящаяся между верхним концом и отводом 110 *в*, в сеть 127 *в* соответственно верхний конец и отвод 127 *в* и т. д. В цепь сетевой обмотки вводится предохранитель *Пр* и выключатель *Вк*. Обмотка накала ламп *2* рассчитывается на напряжение 6,3 или 4 *в*, а обмотка накала кенотрона *4* рассчитываются под напряжение накала кенотрона *К*. Повышающая обмотка *3* имеет среднюю точку (отвод от середины). Она рассчитывается применительно к напряжению, которое должен давать выпрямитель.

Фильтр состоит из двух конденсаторов: C_1 и C_2 и сглаживающего дросселя. Роль дросселя в большинстве случаев выполняет обмотка подмагничивания динамика. Емкость каждого конденсатора фильтра обычно порядка 10 *мкф*. Если нет двух конденсаторов с одинаковой емкостью, то лучше включить конденсатор с большей емкостью на выход выпрямителя (C_1), а с меньшей емкостью — на вход фильтра (C_2). Но особенно уменьшать емкость C_2 не следует, так как это приведет к снижению даваемого выпрямителем напряжения. От емкости C_2 в зна-

чительной степени зависит напряжение выпрямителя, а от емкости C_1— сглаживание фона переменного тока.

При применении подогревных ламп с высоковольтным накалом можно значительно упростить схему выпрямителя и, в частности, строить выпрямители совершенно без трансформаторов. Простая схема такого выпрямителя приведена на фиг. 7,5. Выпрямление однополупериодное. Кенотрон *К* обязательно должен иметь подогревный катод, изолированный от нити накала. Фильтр выпрямителя состоит из дросселя и двух конденсаторов C_1 и C_2, к которым относится все сказанное об аналогичных конденсаторах схемы фиг. 7,4. При питании выпрямителя от сети 220 *в* вместо дросселя может быть применена обмотка подмагничивания динамика, но при питании от сети 110 или 127 *в* вместо дросселя или обмотки подмагничивания обычно ставится омиче-



Фиг. 7,5. Схема бестрансформаторного выпрямителя.

ское (проволочное) сопротивление небольшой величины (1 000—2 000 *ом*). Объясняется это тем, что такой выпрямитель не повышает напряжения сети и при включении в цепь фильтра обмотки подмагничивания напряжение на выходе выпрямителя было бы слишком мало. В приемниках, питающихся от таких выпрямителей, применяют обычно динамики с постоянными магнитами или электромагнитные громкоговорители.

Непосредственное соединение выхода выпрямителя с осветительной сетью не дает возможности присоединять заземление к питаемому от выпрямителя аппарату. Это обстоятельство необходимо обязательно учитывать при применении выпрямителей, собранных по схемам фиг. 7,3 и 7,5.

Выпрямитель, выполненный по схеме фиг. 7,5, является «универсальным». Таким выпрямителем можно питать радиоаппаратуру с одинаковым успехом от сети переменного тока и от сети постоянного тока. При включении в сеть постоянного тока следует соблюдать полярность, указанную на фиг. 7,5, вывод от анодов кенотрона должен быть соединен с плюсовым проводом сети. Ошибка при включении—«переплюсование»—не представляет какой-либо опасности для выпрямителя или питаемого от него аппарата; при неправильном включении приемник просто не будет работать, так как на аноды ламп не будет попадать плюс. При работе от сети переменного тока соблюдения полярности, конечно, не требуется. Выпрямители такого рода хорошо работают от сети постоянного или переменного тока напряжением 220 *в*. При напряжении

сети 110 или 127 *в* даваемое выпрямителем напряжение недостаточно для полноценной работы приемников или усилителей.

Нити накала ламп и кенотрона соединяются последовательно и включаются в осветительную сеть через гасящее сопротивление. При этом токи накала всех ламп колжны быть одинаковы. Обычно последовательно с нитями накала ламп включается одна или две лампочки для освещения шкалы ($Л_0$ на фиг. 7,5). Для определения величины гасящего сопротивления R_1 надо прежде всего найти напряжение U_R, равное разности между напряжением сети U_c и суммой напряжений накала всех ламп $U_н$.

$$U_R = U_c - U_н.$$

Тогда

$$R_1 = \frac{U_R}{I},$$

где I — ток накала ламп в *а*, в наших приемниках $I = 0{,}3$ *а*.

Приведем пример. В приемнике применены последовательно соединенные лампы 6А8, 6Г7, 30П1М, кенотрон 30Ц6С и две осветительные шестивольтовые лампочки. Общее напряжение накала $U_н = 85$ *в*. Напряжение сети 127 *в*. Отсюда

$$U_R = U_c - U_н = 127 - 85 = 42 \text{ в}$$

и

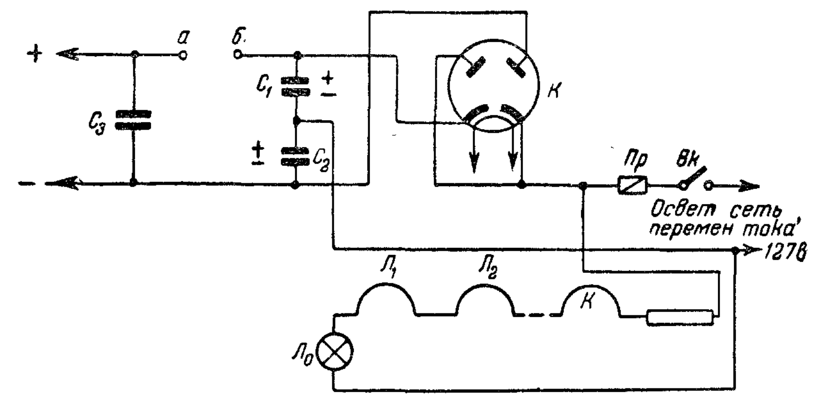
$$R_1 = \frac{U_R}{I} = \frac{42}{0{,}3} = 140 \text{ ом}.$$

В схеме фиг. 7,5 показаны два гасящих сопротивления R_1 и R_2, которые могут переключаться при помощи переключателя *П*. При соединении этого переключателя с контактом *1* работает сопротивление R_1 и выпрямитель включается на 127 *в*. При совмещении переключателя с контактом *2* включается дополнительное сопротивление R_2 и выпрямитель может быть включен в сеть 220 *в*. Величина R_2 определяется таким же способом как и величина R_1.

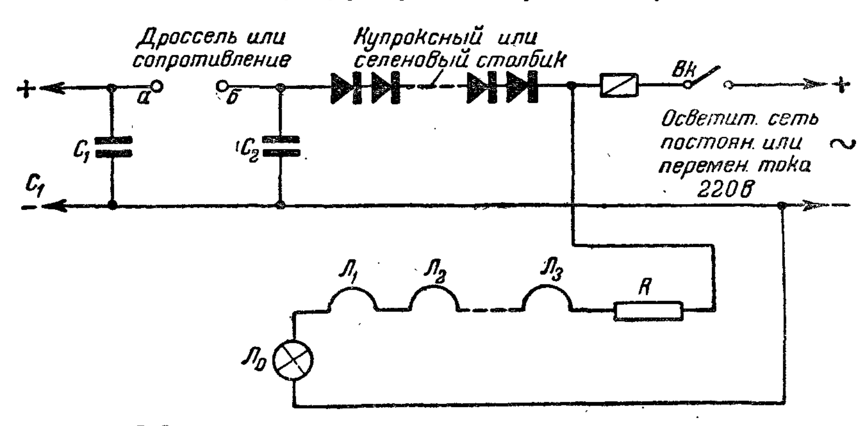
На фиг. 7,6 представлена бестрансформаторная схема, дающая удвоение напряжения сети. Для такой схемы нужен двуханодный подогревный кенотрон с двумя раздельными катодами (кенотрон типа 30Ц6С). Схема работает так. В течение одной половины периода заряжается конденсатор C_1, а в течение второй половины периода заряжается конденсатор C_2. Так как оба конденсатора соединены последовательно, то конденсатор фильтра C_3 заряжается напряжением, равным сумме напряжений на C_1 и C_2, т. е. примерно напряжением, равным удвоенному напряжению осветительной сети. При напряжении сети 127 *в* такая схема при токе нагрузки около 50 *ма* дает напряжение около 220 *в*. Емкости конденсаторов фильтра должны быть не меньше 10 *мкф*. В гнезда *а* и *б* включается дроссель фильтра с небольшим омическим сопротивлением или может быть включена обмотка подмагничивания динамика, если она рассчитана на небольшое напряжение подмагничивания. Однако, при питании установки выпрямителем подобного рода лучше применять динамики с постоянными магнитами. Вместо дросселя фильтра можно применить омическое сопротивление в 1 000—2 000 *ом*. Цепь накала ламп и кенотрона выполняется и рассчитывается так же,

как и для предыдущей схемы. Заземление к выпрямителю и питаемому от него аппарату присоединить нельзя.

Твердые выпрямители. Кроме кенотронов для выпрямления переменного тока могут применяться твердые выпрямители, собранные из купроксных или селеновых столбиков, рассчитанных на соответствующее напряжение осветительной сети, т. е. 127 или 220 *в*. Схема включения



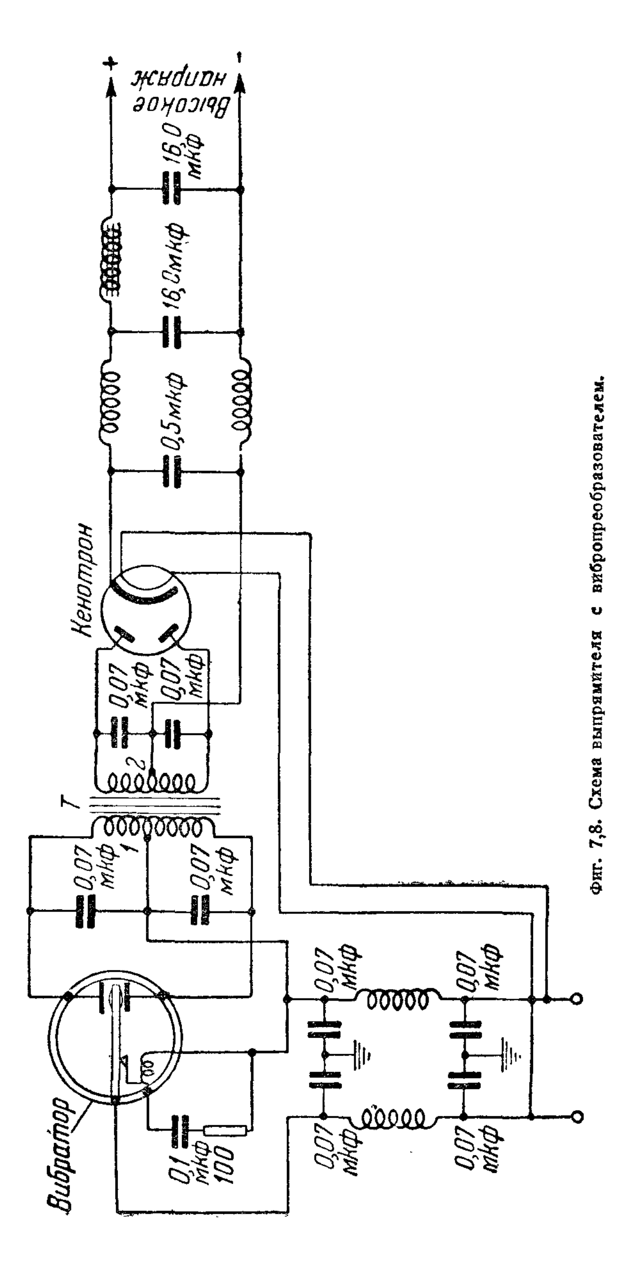
Фиг. 7,6. Бестрансформаторная схема с удвоением напряжения.



Фиг. 7,7. Схема однополупериодного выпрямителя с селеном или купроксом.

столбика по существу ничем не отличается от схемы включения кенотрона. Показанная на фиг. 7,7 схема однополупериодного выпрямителя с селеновым или купроксным столбиком полностью аналогична схеме фиг. 7,5, данные фильтра у этих схем и расчет цепи накала приемника в обоих случаях одинаковы. Выпрямитель по схеме фиг. 7,7 может быть включен в сеть переменного и постоянного токов. При включении в сеть постоянного тока нужно соблюдать указанную на схеме полярность. При неправильном включении приемник работать не будет.

Заземление к выпрямителю присоеднять нельзя.

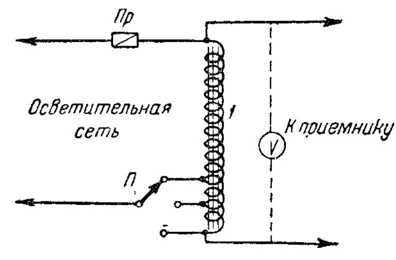


Фиг. 7,8. Схема выпрямителя с вибропреобразователем.

При наличии двух столбиков можно собрать схему с удвоением напряжения, аналогичную схеме фиг. 7,6. В этой схеме вместо каждой половины кенотрона будет включен один выпрямительный столбик.

Выпрямители с селеновыми или купроксными столбиками работают вполне удовлетворительно и все шире применяются радиолюбителями. Они удобнее кенотронных выпрямителей, так как обладают большой долговечностью и не требуют периодической замены выпрямительных столбиков.

Вибропреобразователи. Вибропреобразователь представляет собой прибор, превращающий постоянный ток малого напряжения в переменный ток высокого напряжения, который затем выпрямляется и превращается снова в постоянный ток, но уже высокого напряжения. Вибропреобразователи работают обычно от напряжения 2—6 *в*, преобразовывая его в напряжение 120—250 *в*. Таким образом при наличии вибропреобразователя полное питание радиоустановки может производиться от одного низковольтного аккумулятора (или гальванической батареи достаточной емкости). Накал ламп производится непосредственно от аккумулятора, а питание анодов — через вибропреобразователь. Широкое применение вибропреобразователи находят в автомобильных приемниках, а также для питания приемников в сельских местностях, имеющих зарядные аккумуляторные базы.



Фиг. 7,9. Принципиальная схема автотрансформатора.

Общая схема вибропреобразователя с данными деталей приведена на фиг. 7,8. Вибратор представляет собой электромагнитный прерыватель, подвижной якорек которого переключает напряжение низковольтного аккумулятора то к одному, то к другому концу первичной обмотки повышающего трансформатора *Т*. При этом во вторичной повышающей обмотке трансформатора возникает переменный ток, выпрямляемый кенотронным выпрямителем с подогревным кенотроном. Из схемы очевидно, что если кенотрон будет не подогревный, то высокое напряжение попадает в цепь низкого напряжения. Выпрямленный ток сглаживается обычным фильтром. Кроме того, на входе вибропреобразователя и на его выходе (перед низкочастотным фильтром) применяются высокочастотные фильтры из дросселей и конденсаторов, преграждающие путь помехам, порождаемым прерывателем. С этой же целью весь вибропреобразователь тщательно экранируется.

Существуют конструкции вибропреобразователей, в которых вместо кенотронного выпрямителя применяются механические выпрямители, действующие синхронно с прерывателем первичной цепи.

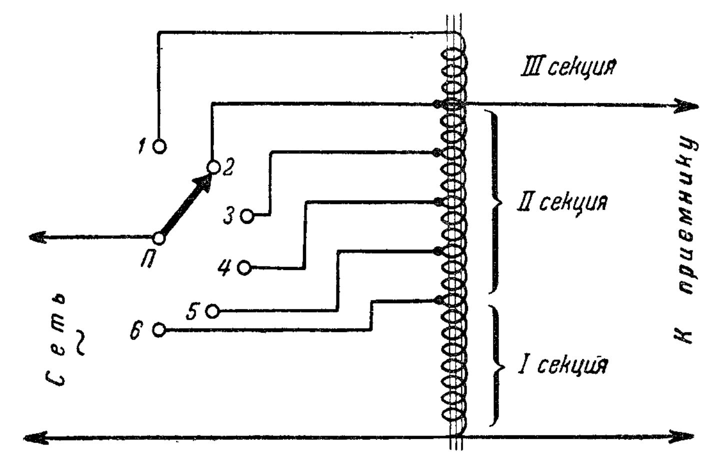
Частота переменного тока, вырабатываемого вибропреобразователем, равна 100 *гц*.

Вибропреобразователи выполняются на разные мощности: от одного до нескольких десятков ватт. Выпрямленное напряжение равно обычно 120—220 *в* при токе в 20—60 *ма*. Коэффициент полезного действия вибропреобразователя достигает 50—60%.

Срок службы вибратора равен обычно 600—800 час, у лучших экземпляров он достигает 1 000 час. Вышедший из строя вибратор легко заменяется новым.

Автотрансформаторы. Для компенсации падения напряжения в сети переменного тока применяются автотрансформаторы (фиг. 7,9)

Напряжение к приемнику подводится от крайних концов обмотки автотрансформатора. При нормальном напряжении сети она присоединяется тоже к крайним концам обмотки и через автотрансформатор проходит только очень небольшой ток холостого хода. При уменьшении напряжения в сети к ней присоединяется уменьшенное число витков, которое подбирается с помощью переключателя так, чтобы напряжение на концах обмотки получилось равным нормальному. Обычно отводы в автотрансформаторах делаются с расчетом на понижение напряжения сети до 30—40%. Чтобы не регулировать напряжение автотрансформатором вслепую, желательно параллельно всей его обмотке присоединить вольтметр переменного тока, показанный на фиг. 7,9 пунктиром, и устанавливать напряжение по его показаниям. При пользовании автотрансформатором включенный приемник нельзя оставлять, без присмотра, так как напряжение сети может повыситься, что приведет к перекалу ламп и порче трансформатора приемника.



Фиг. 7,10. Схема автотрансформатора, данные которого приведены в табл. 7,7.

На фиг. 7,10 приведена схема более универсального автотрансформатора, в конструкции которого предусмотрена возможность не только повышения напряжения, но также и некоторого его понижения. Это может оказаться полезным при напряжении осветительной сети, несколько превосходящем нормальное. При повышенном напряжении сети ползунок *П* устанавливается на контакт *1*.

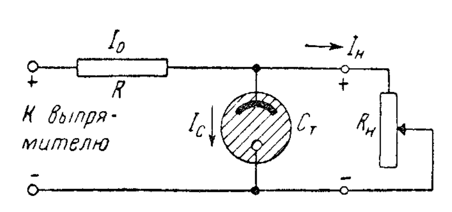
Данные автотрансформаторов такого типа на различные мощности приведены в табл. 7,7. Секция *II* автотрансформатора разбивается примерно на четыре равные части, от которых делаются отводы к контактам переключателя *3—6*. Так, например, если секция *II* состоит из 400 витков, то отводы от нее делаются через каждые 100 витков. При желании изменить пределы регулировки следует для определения числа нужных отводов руководствоваться указанным в табл. 7,7 числом витков на 1 *в*. При отсутствии проводов указанных диаметров их можно заменить другими, близкими по диаметрам.

Таблица 7,7

Данные автотрансформаторов

Мощность в *вт*	Сердечник: Площадь сечения в *см*²	Сердечник: Тип пластин	Число витков на 1 *в*	Осветительная сеть 120 *в* регулировка от 80 *в* до 130 *в*. Секция I: Число витков	Секция I: Диаметр провода в *мм*	Секция II: Число витков	Секция II: Диаметр провода в *мм*	Секция III: Число витков	Секция III: Диаметр провода в *мм*	Сеть 220 *в* регулировка от 146 *в* до 238 *в*. Секция I: Число витков	Секция I: Диаметр провода в *мм*	Секция II: Число витков	Секция II: Диаметр провода в *мм*	Секция III: Число витков	Секция III: Диаметр провода в *мм*
50	5	Ш-20	12,3	982	0,33	431	0,47	123	0,41	1 800	0,23	900	0,33	222	0,3
75	6	Ш-20	10	800	0,4	400	0,6	100	0,49	1 465	0,29	733	0,41	180	0,38
100	7	Ш-24	8,7	696	0,47	348	0,64	87	0,57	1 275	0,38	638	0,47	157	0,41
153	9	Ш-24	7,4	558	0,57	284	0,8	71	0,69	1 040	0,41	520	0,59	128	0,51
200	10	Ш-24	6,3	504	0,64	252	0,93	63	0,8	924	0,47	462	0,69	114	0,59

Стабилизаторы напряжения. Одним из важных вопросов питания современной радиоаппаратуры является стабилизация напряжения— обеспечение подачи на электроды ламп постоянного неизменного по величине напряжения. Колебания напряжения отрицательно сказываются на работе радиоаппаратуры, в частности, в супергетеродинных приемниках изменение питающего лампы напряжения приводит к уходу частоты гетеродина, т. е. к его самопроизвольной расстройке, а иногда и к прекращению генерирования вспомогательной частоты на отдельных участках диапазонов или же на всем диапазоне. Изменение питающего лампы напряжения сказывается также на чувствительности и на других параметрах приемников.



Фиг. 7,11. Схема включения простейшего стабиловольта.

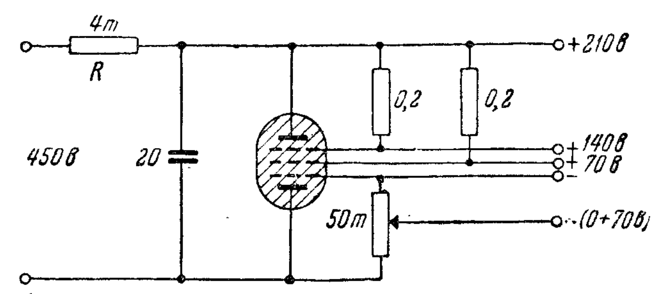
К настоящему времени разработано несколько способов стабилизации напряжения, которые можно разделить в основном на автоматические и неавтоматические. К последним относятся различные автотрансформаторы, о которых говорилось выше. Неавтоматические способы просты, их можно легко применить к любому приемнику, но они неудобны тем, что требуют постоянного наблюдения и регулировки, иначе при неожиданном повышении напряжения лампы приемника могут быть перекалены.

К способам автоматическим принадлежат феррорезонансные стабилизаторы, которые довольно сложны и широкого распространения не получили, и различного рода газоразрядные стабилизаторы, которые все в большем количестве входят в употребление. Этого рода стабилизаторы обычно называют **стабиловольтами**.

С внешней стороны стабиловольты похожи на радиолампы. Они состоят из цоколя со стеклянным баллоном, внутри которого находятся электроды. В простейшем стабиловольте два электрода — катод и анод. Баллоны стабиловольтов наполняются каким-либо инертным газом (неоном, аргоном или гелием) при давлении в несколько миллиметров ртутного столба.

Схема включения стабиловольта такого типа изображена на фиг. 7,11. Стабиловольт присоединяется к выпрямителю через сопротивление R, величина которого выбирается в соответствии с напряжением, которое дает выпрямитель, током нагрузки и данными стабиловольта. Каждый стабиловольт характеризуется определенным напряжением зажигания. Если напряжение выпрямителя в момент включения стабиловольта превышает это напряжение его зажигания, то между электродами стабиловольта возникает тлеющий разряд.

Физические свойства стабиловольта таковы, что в определенных пределах напряжение на его электродах не зависит от силы протекающего через него тока. Если, например, ток нагрузки $I_н$ (фиг. 7,11) уменьшится вследствие увеличения сопротивления нагрузки $R_н$, то уменьшится и общий ток I_0. Вследствие этого уменьшится и падение напряжения на сопротивлении R и поэтому напряжение на стабиловольте $C_т$



Фиг. 7,12. Схема включения стабиловольта с четырьмя газовыми промежутками.

должно было бы возрасти. Но благодаря свойствам стабиловольта текущий через него ток увеличится как раз настолько, что падение напряжения на сопротивлении R останется на прежнем уровне. При увеличении тока нагрузки произойдет обратное явление. В обоих случаях стабиловольт будет поддерживать постоянство напряжения на выходе.

Стабилизирующее действие стабиловольтов сохраняется при изменении силы текущего через них тока в несколько раз. При токах, превышающих наибольший допустимый, в стабиловольте может начаться дуговой разряд, выводящий его из строя. При слишком малых напряжениях в стабиловольтах не возникает тлеющий разряд и поэтому они не могут работать. Чтобы обеспечить работу стабиловольта, напряжение выпрямителя должно превышать напряжение зажигания стабиловольта в 1,5—2 раза.

Постоянство напряжения, даваемого стабиловольтом, зависит от правильности подбора величины сопротивления R. Эту величину можно определить из формулы:

$$R = \frac{E_в - E_н}{I_{с\,мин} - I_н},$$

где: $E_в$ — напряжение выпрямителя;

$E_н$ — стабилизированное напряжение на зажимах нагрузки;

$I_н$ — ток нагрузки в *ма*;

$I_{с\ мин}$ — минимальный ток стабиловольта в *ма*.

Полученный по приведенной формуле результат может быть округлен в пределах до 10%.

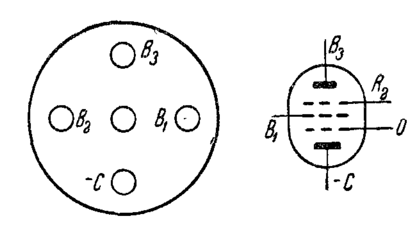
Очень удобны для применения стабиловольты с несколькими газовыми промежутками, при помощи которых возможно получение стабилизованных напряжений нескольких величин. Каждый электрод такого стабиловольта выполнен в виде опрокинутого стаканчика, укрепленного на керамическом основании. Выводы от электродов присоединены к ножкам цоколя. Напряжение на каждом газовом промежутке подобного стабиловольта обычно бывает равно 70 *в*. .

Схема включения стабиловольта с четырьмя промежутками приведена на фиг. 7,12. Стабиловольт в этой схеме дает три напряжения: +70 *в*, +140 *в* и 210 *в* и, кроме того, отрицательное напряжение для сеточного смещения, которое можно регулировать в пределах от 0 до 70 *в*. Расчет величины сопротивления *R* производится по приведенной выше формуле, причем величина $E_н$ должна представлять собой сумму напряжений на всех газовых промежутках.

Для примера приведем данные стабиловольта СГ-226 (табл. 7,8).

Таблица 7,8

Марка	Число газовых промежутков	Напряжение на каждом промежутке в *в*	Напряжение зажигания каждого промежутка в *в*	Максимальный ток стабиловольта в *ма*	Минимальный ток стабиловольта в *ма*	Колебания напряжения при изменении тока от минимума до максимума в *в*
СГ-226 . . .	4	70	95	40	8	2

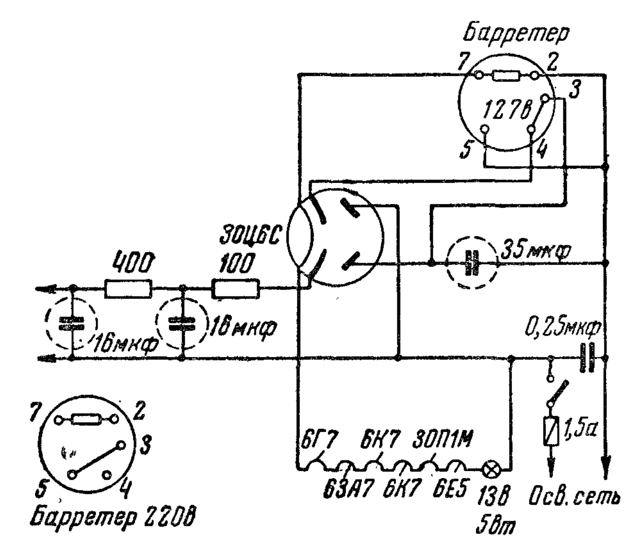


Фиг. 7,13. Цоколевка стабиловольта СГ-226.

Цоколевка стабиловольта СГ-226 показана на фиг. 7,13.

Другим видом автоматических стабилизаторов являются так называемые б а р р е т е р ы. Действие барретеров основано на том, что железная проволока в атмосфере водорода обладает свойством изменять в известных пределах при нагревании величину своего сопротивления пропорционально приложенному напряжению. Поэтому барретер, включенный последовательно в цепь питания, поддерживает постоянство силы тока в этой цепи при колебаниях питающего ее напряжения, если эти колебания не выходят за определенные для данного типа барретера пределы, которые носят название пределов барретирования. Например, барретер типа Б-2 (1Б-9) рассчитан на силу тока от 0,97 до 1,03 *а*, которая не выходит из этих пределов при изменении питающего напряжения от 5 до 9 *в*. Барретеры этого типа применяются, главным образом, в приемниках, питающихся от аккумуляторных батарей. Они делают ненужными реостаты накала или какие-либо переключения дополнительных сопротивлений, автоматически подерживая одну и ту же силу тока при колебаниях питающего напряжения в указанных пределах.

В современных приемниках с универсальным питанием (от сети постоянного и переменного тока) тоже применяются барретеры в цепи накала ламп. Они обеспечивают постоянную величину накала ламп при колебаниях напряжения сети. Барретеры включаются последовательно в цепь накала. Типовая схема включения барретера приведена на фиг. 7,14 (схема приемника «Москвич»).



Фиг. 7,14. Схема включения барретера.

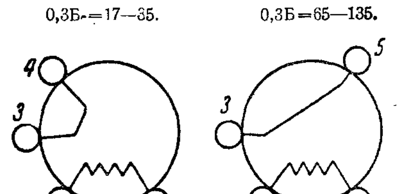
В таблице 7,9 приведены данные двух типов барретеров, предназначенных для приемников с универсальным питанием.

Таблица 7,9

Марка барретера	0,3 Б-17-35	0,3 Б-65-135
Напряжение начала барретирования . . .	17 *в*	65 *в*
Напряжение конца барретирования . . .	35 *в*	135 *в*
Ток начала барретирования	0,28 *а*	0,27 *а*
Ток конца барретирования	0,33 *а*	0,31 *а*
Мощность, потребляемая барретером . .	4,7—11,5 *вт*	17,5—42 *вт*

Из этой таблицы видно, что при изменении питающего цепь напряжения в два раза ток в цепи с барретером изменяется не более, чем на 9%.

По внешнему виду барретеры напоминают радиолампу. Они имеют цоколь и стеклянный баллон, наполненный водородом. В баллоне помещается спираль из железной проволоки. Цоколевка приведенных в таблице барретеров указана на фиг. 7,15. Перемычка на цоколе служит для замыкания цепи при включении барретера.



Фиг. 7,15. Цоколевка барретеров.

Глава восьмая

СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

8,1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ, МАГНИТНЫЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ И ИХ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Таблица 8,1

Международные электрические и магнитные единицы

Наименование единицы	Определение	Обозначение	
		международное	русское
Вольт	Электродвижущая сила или электрическое напряжение, которые производят ток силою в 1 ампер в проводнике, имеющем сопротивление в 1 ом	V	*в*
Милливольт	Одна тысячная вольта; 10^{-3}=0,001 *в*	mV	*мв*
Микровольт	Одна миллионная вольта; 10^{-6}; 0,000001 *в*	μV	*мкв*
Киловольт	Одна тысяча вольт: 10^3=1 000 *в*	kV	*кв*
Ампер	Сила неизменяющегося электрического тока, который отлагает 1,118 *мг* серебра в секунду, проходя через водный раствор азотнокислого серебра	A	*а*
Миллиампер	Одна тысячная ампера; 10^{-3}=0,001 *а*	mA	*ма*
Микроампер	Одна миллионная ампера; 10^{-6}= =0,000001 *а*	μA	*мка*
Ом	Сопротивление при неизменяющемся электрическом токе и при температуре тающего льда ртутного столба длиной в 106,3 *см*, имеющего сечение одинаковое по всей длине и массу в 14,4521 *г*	Ω	*ом*
Килоом	Одна тысяча ом; 1 000=10^3 *ом*	kΩ	*ком*

Наименование единицы	Определение	Обозначение	
		международное	русское
Мегом	Один миллион ом; 1 000 000=10^6 *ом*	MΩ	*мгом*
Ватт	Мощность неизменяющегося электрического тока силой в 1 *а* при напряжении в 1 *в*	W	*вт*
Гектоватт	Сто ватт; 100=10^2 *вт*	hW	*гвт*
Киловатт	Тысяча ватт; 1 000=10^3 *вт*	kW	*квт*
Милливатт	Одна тысячная ватта; 10^{-3}=0,001 *вт*	mW	*мвт*
Кулон (ампер-секунда)	Количество электричества, проходящее через поперечное сечение проводника в течение одной секунды при токе силой в один ампер	C	*к*
Амперчас	Три тысячи шестьсот кулонов (3 600 *k*)	Ah	*ач*
Ватт-секунда (джоуль)	Работа, совершаемая электрическим током в течение одной секунды при мощности тока в один ватт	Ws (J)	*вт-сек* *джоуль*
Ватт-час	3 600 *вт-сек*	Wh	*втч*
Гектоватт-час	100 ватт-часов	hWh	*гвт*
Киловатт-час	1 000 ватт-часов; 1 000 = 10^3 *вт-ч*	kWh	*квтч*
Фарада	Емкость конденсатора, заряжаемого одним кулоном до напряжения в 1 *в*	F	*ф*
Микрофарада	Одна миллионная фарады; 10^{-6}= =0,000001 ф	μF	*мкф*
Микро-микрофарада (пикофарада)	Одна миллионная микрофарады; эта единица называется также пикофарадой	μμF pF	*мкмкф* *пф*
Генри	Самоиндукция электрической цепи, в которой индуктируется э. д. с. в 1 *в* при равномерном изменении текущего в этой цепи тока со скоростью в 1 *а* в 1 сек.	H	*гн*
	Взаимная индукция в системе двух электрических цепей, в одной из которых индуктируется э. д. с. в 1 *в* при равномерном изменении тока в другой цепи со скоростью 1 *а* в 1 сек	H	*гн*
Миллигенри	Одна тысячная генри; 0,001 = 10^5 *гн*	mH	*мгн*
Микрогенри	Одна миллионная генри; 0,000001 = = 10^{-6} *гн*	μH	*мкгн*
Максвелл	Магнитный поток, который при равномерном его изменении в течение одной секунды индуктирует в охватывающем его единичном контуре (витке) э. д. с., равную 10^{-8} международных вольт	M	*мкс*

Наименование единицы	Определение	Обозначение	
		международное	русское
Гаусс	Магнитная индукция в теле, в котором на каждый квадратный сантиметр сечения, нормального к направлению магнитных линий, приходится магнитный поток, равный 1 *мкс*	G	*гс*
Гильберт	Разность магнитных потенциалов между двумя плоскими эквипотенциальными (равных потенциалов) поверхностями, расположенными параллельно одна другой на расстоянии 1 *см*, если магнитное поле в пространстве между этими поверхностями равномерно и индукция равна 1 *гс*	Gb	*гб*
Эрстед	Напряженность магнитного поля (магнитной силы)	Oe	*э*
	Единицы частоты		
Герц	Частота периодически изменяющейся во времени величины, период которой равен одной средней солнечной секунде	Hz	*гц*
Килогерц	Одна тысяча герц; 1 000 = 10^3 *гц*	kHz	*кгц*
Мегагерц	Один миллион герц; 1 000 000 = 10^6 *гц*	MHz	*мггц*
Длина волны	Расстояние в метрах, на которое распространяется электромагнитная волна за время одного колебания. При вычислении длины волны электромагнитных колебаний в метрах по заданной частоте скорость распространения этих колебаний принимается условно равной $3 \cdot 10^8$ *м/сек* $\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f\ кгц}$	λ	
	Акустические единицы		
Бар	Звуковое давление, испытываемое плоской поверхностью в один квадратный сантиметр под действием равномерно распределенной по ней нагрузки в одну дину	bar	*бар*
Миллибар	Одна тысячная бара = 0,001 бар = $= 10^{-3}$ *бар*	mbar	*мбар*
Бел	Разность уровней двух мощностей, десятичный логарифм отношения которых (мощностей) равняется единице	b	*б*
Децибел	Одна десятая бела = 0,1 *б*	db	*дб*
Непер	Разность уровней двух мощностей, натуральный логарифм которых равен единице. 1 *нп* = 8,686 *дб*; 1 *дб* = 0,115 *нп*	Np	*нп*

Примечания:

1. Скорость распространения электромагнитных волн в большинстве случаев принимается равной 300 000 *км/сек* = 300 000 000 *м/сек* = $8 \cdot 10^8$ *м/сек*.

При особо точных подсчетах скорость распространения электромагнитных волн в воздухе принимается равной $2{,}9982 \cdot 10^8$ *м/сек*.

2. Если емкость конденсатора обозначена в сантиметрах, то для перевода ее в международную систему единиц надо пользоваться следующими соотношениями: 1 *см* = 1,1 *мкмкф*, 1 *ф* = 10^6 *мкф* = 10^{12} *мкмкф* = 10^{12} *пф* = $9 \cdot 10^{11}$ *см*.

3. Если индуктивность катушки обозначена в сантиметрах, то для перевода ее в международную систему единиц надо пользоваться следующими соотношениями: 1 *мкгн* = 1 000 *см* = 10^3 *см*; 1 *гн* = 1 000 *мгн* = 1 000 000 *мкгн* = 1 000 000 000 *см* = 10^9 *см*.

8,2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Постоянный ток. Закон Ома. Закон Ома для постоянного тока выражается формулой

$$I = \frac{U}{R},$$

где I — сила тока в *а*;
U — напряжение в *в*;
R — сопротивление в *ом*.

Это означает, что сила тока в цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этой цепи и обратно пропорциональна ее сопротивлению.

Из закона Ома следует:

$$а)\ U = I \cdot R,$$

т. е. падение напряжения на каком-нибудь участке цепи равно силе тока, проходящего по цепи, умноженной на сопротивление этого участка цепи,

$$б)\ R = \frac{U}{I},$$

т. е. сопротивление цепи равно частному от деления действующего на концах этой цепи напряжения на силу проходящего по ней тока.

Все три приведенные формулы действительны как для всей цепи, так и для любого ее участка. В последнем случае U означает напряжение, действующее на концах данного участка.

Законы Кирхгофа. Первый закон Кирхгофа: алгебраическая сумма токов, притекающих к одной точке, равна нулю. Это означает, что к любой точке, являющейся местом соединения нескольких ветвей, притекает такое же количество электричества, какое и утекает от нее. При параллельных цепях ток в общей цепи равен сумме токов в отдельных ветвях.

Сила тока в параллельных ветвях обратно пропорциональна сопротивлениям этих ветвей. Если обозначить одинаковыми индексами силы токов i и сопротивления R параллельных цепей, то закон Кирхгофа изобразится формулой

$$i_1 : i_2 : i_3 \ldots = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} \ldots$$

Для цепи из двух параллельных ветвей фиг. 8,1 силу тока в каждой ветви можно вычислить по следующим формулам

$$i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_0;$$

$$i_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I_0,$$

где I_0 — ток в общей цепи, равный $I_0 = i_1 + i_2$.

Второй закон Кирхгофа: в замкнутом контуре алгебраическая сумма произведений сил токов на сопротивление соответствующих участков контура равна алгебраической сумме э. д. с., действующих на участках этого контура.

Фиг. 8,1. Разветвление токов в параллельной цепи.

Закон Ленца-Джоуля. Мощность электрического тока, переходящего в тепло, определяется по одной из следующих формул:

$$P = U \cdot I = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

Если напряжение выражено в вольтах, сила тока в амперах и сопротивление в омах, то мощность получится в ваттах. При работе источника тока с внутренним сопротивлением $R_{вн}$ и нагруженного на внешнюю цепь с сопротивлением $R_н$ полная мощность источника определяется формулой:

$$P = E \cdot I = I^2 \cdot R_{вн} + I^2 \cdot R_н,$$

где P — полная мощность в *вт*, развиваемая источником тока;

I — сила тока в *а*, равная $\dfrac{E}{R_{вн} + R_н}$;

E — э. д. с. источника тока в *в*.

В проводнике, имеющем сопротивление R *ом*, по которому проходит ток силой в 1 *а*, в течение t сек. выделяется количество тепла:

$$Q = 0{,}24\, I^2 R t \ кал \text{ (малых калорий)}.$$

Ток I в *а*, проходящий по проводнику сопротивлением в R *ом*, при напряжении на его концах в U *в*, производит в t сек. работу

$$A = U \cdot I \cdot t = I^2 R t \ втсек \text{ (джоуль)},$$

выделяющихся в виде тепла.

Электрическая мощность, т. е. производимая в 1 сек. работа, равна при этом

$$P = UI = I^2 R \ вт,$$

1 *квтчас* равен 860 000 *кал* = 860 *ккал* (килокалорий — больших калорий), 632 000 *кал* = 632 *ккал* = 1 *л. с. ч.* = (1 лошадиная сила час);

1 *кал* = 0,427 *кгм*;
1 *л. с.* = 736 *вт* = 0,736 *квт*.

Переменный ток. Под термином «переменный ток» обычно понимается переменный ток синусоидальный формы. Если кривая тока имеет сложную форму, то ее рассматривают, как сумму ряда синусоид с частотами, кратными основной частоте, и различными амплитудами. Поэтому теория переменных токов рассматривает, главным образом, чисто синусоидальный ток. В практике чаще всего приходится иметь дело именно с таким током.

Значение синусоидального тока в любой момент времени — его мгновенное значение — определяется по формуле:

$$i = I_{амп} \sin(\omega t + \varphi),$$

где $I_{амп}$ — наибольшее значение тока — его амплитудное значение;

ω — угловая частота $= 2\pi f$, где f — частота в *гц*;

t — время, протекшее от условного начального момента;

φ — начальная фаза, указывающая, в какой момент начат отсчет.

Если начальный момент выбран так, что ток при этом был равен нулю, а затем начал возрастать в сторону положительных значений, то $\varphi = 0$. В этом случае выражение мгновенного значения тока имеет вид:

$$i = I_{амп} \sin \cdot \omega t.$$

Действующим или эффективным значением переменного тока I называется его среднеквадратичное значение. Для синусоидального тока:

$$I = \frac{I_{амп}}{\sqrt{2}} = 0{,}707\, I_{амп}.$$

При вычислениях чаще всего приходится пользоваться эффективным значением тока. Амплитудное значение такого тока может быть найдено из выражения:

$$I_{амп} = I\sqrt{2} = 1{,}41 I.$$

Все измерительные приборы переменного тока градуируются в действующих значениях токов и напряжений. Поэтому, если по показаниям вольтметра напряжение сети переменного тока равно 127 *в*, то амплитудное напряжение в этой сети равно $1{,}41 \cdot 127 = 178$ *в*.

Средним значением переменного тока называется среднее арифметическое из всех мгновенных его значений за половину периода. Для синусоиды:

$$I_{ср} = \frac{2}{\pi} \cdot I_m \approx 0{,}637\, I_{амп}$$

или

$$I_{амп} = \frac{\pi}{2} \cdot I_{ср} \approx 1{,}57\, I_{ср}.$$

Пульсирующим током называется постоянный ток, на который наложен синусоидальный ток. Среднее значение пульсирующего тока за период равно значению постоянного тока. Действующее значение пульсирующего тока определяется по формуле:

$$I_п = \sqrt{I_0^2 + I^2},$$

где I_0 — величина постоянной слагающей тока;
I — действующее значение переменной слагающей тока.

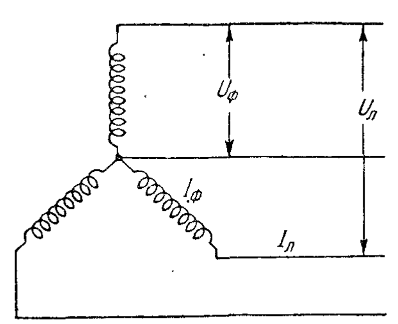
Если в цепи переменного тока имеются только активные сопротивления, то расходуемая мощность определяется так же, как и для постоянного тока

$$P = U \cdot I.$$

Если же в цепи переменного тока имеются индуктивности или емкости, то между током и напряжением получается сдвиг фаз. Вследствие этого энергия, накапливающаяся в индуктивностях и емкостях, в некоторые моменты времени будет возвращаться обратно. Расходуемая мощность (называемая иногда активной мощностью) в этом случае определяется по формуле:

$$P = UI \cdot \cos\varphi,$$

где φ — угол сдвига фаз между током и напряжением, $\cos\varphi$ называется также коэффициентом мощности.



Фиг. 8,2. Соединение звездой.

Фиг. 8,3. Соединение треугольником.

Кажущаяся мощность UI представляет собой произведение действующих значений тока и напряжения. Измеряется кажущаяся мощность в вольтамперах.

Выражение $P_r = UI \cdot \sin\varphi$ представляет собой реактивную мощность, расходуемую на создание электрических и магнитных полей. Ее среднее значение за период равно нулю.

Трехфазный ток. Трехфазный ток получается от генератора, имеющего три обмотки, сдвинутые электрически на 120°. В трехфазной системе действуют три независимых друг от друга э. д. с. с равными частотами и амплитудами, но сдвинутые между собой по фазе на 120°.

$$e_1 = E_m \sin\omega t;$$

$$e_2 = E_m \sin(\omega t - 120°);$$

$$e_3 = E_m \sin(\omega t - 240°).$$

Если все три фазы нагружены одинаково, то и силы токов будут сдвинуты относительно друг друга на 120°.

Обмотки трехфазного генератора можно соединить «звездой» фиг. 8,2 или «треугольником» (фиг. 8,3).

Общая точка при соединении «звездой» называется нейтральной или нулевой.

Если нагрузки на фазы неодинаковы, то от генератора, соединенного «звездой», ведутся четыре провода — три от концов обмоток и один от нулевой точки. Этот последний провод называется нейтральным или нулевым. Его сечение бывает меньше сечения остальных проводов, так как по нему течет меньший ток, равный разности токов в фазах. Если нагрузки на фазах одинаковы, то ток в нулевом проводе будет отсутствовать. В таких случаях можно обойтись без четвертого провода.

Фазовым напряжением $U_ф$ называется напряжение между концами любой фазовой обмотки. При соединении звездой оно равно напряжению между линейным и нулевым проводом.

Фазовым током $I_ф$ называется ток, текущий в обмотке генератора, соответствующей данной фазе. Линейным напряжением $U_л$ называется напряжение между любыми двумя проводами трехпроводной трехфазной линии. Линейным током $I_л$ называется ток, текущий в одном из проводов трехпроводной трехфазной линии.

При соединении обмоток генератора «звездой» между указанными величинами существует следующая зависимость

$$I_л = I_ф;\ U_л = \sqrt{3} \cdot U_ф.$$

При соединении обмоток «треугольником» эта зависимость имеет следующий вид:

$$I_л = \sqrt{3} \cdot I_ф;\ U_л = U_ф.$$

Мощность в цепи трехфазного тока при равномерной нагрузке фаз при любом способе соединения обмоток генератора равна:

$$P = 3U_ф I_ф \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot U_л I_л \cos\varphi_ф,$$

где $\varphi_ф$ — фазовый угол между $U_ф$ и $I_ф$.

Реактивные сопротивления. Катушки индуктивности всегда обладают определенным омическим (активным) сопривлением. Это сопротивление R как бы включено последовательно с индуктивностью катушки L. Поэтому полное сопротивление Z катушки переменному току равно:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2},$$

где $X_L = \omega L = 2\pi fL$ — реактивное сопротивление катушки переменному току, *ом*.

Формула закона Ома для этого случая имеет вид:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}},$$

где I — ток, текущий через катушку, в *а*;
U — напряжение на катушке в *в*;
L — индуктивность катушки в *г*.

В большинстве случаев активное сопротивление катушки много меньше реактивного сопротивления X_L и поэтому с достаточной точностью можно считать, что

$$Z_{кат} = \omega L = 2\pi f L,$$

где L в *гн*, а f — в *гц*.

В катушках индуктивности ток отстает от напряжения на угол, близкий к 90°.

Конденсаторы практически обладают чисто реактивным сопротивлением переменному току. Это сопротивление тем меньше, чем больше емкость конденсатора и чем выше частота:

$$X_c = \frac{1}{\omega C},$$

где C — емкость конденсатора в фарадах;
$\omega = 2\pi f$, где f в *гц*.

На радиочастотах емкостное сопротивление удобнее подсчитывать по формуле:

$$X_c = \frac{530\lambda}{C},$$

где λ — длина волны в *м*;
C — емкость в *пф*.

Или:

$$X_c = \frac{159\,000}{fC},$$

где f — в *гц*;
C — в *мкф*.

Сложные цепи переменного тока. Общее сопротивление сложной цепи переменного тока, состоящее из однотипных сопротивлений, вычисляется в установившемся режиме по тем же правилам, что и при постоянном токе, но в данном случае оперируют уже не омическим сопротивлением R, а полным сопротивлением Z.

Расчетные формулы для простейших цепей переменного тока приведены в табл. 8,2.

8,3. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ АКУСТИКИ

Звук характеризуется механическими колебаниями, распространяющимися в упругой среде с определенной скоростью. Скорость распространения звука зависит от свойств среды, ее упругости и плотности. Скорость распространения звука в воздухе при температуре +15° и нормальном атмосферном давлении (760 *мм*) равна 340 *м/сек.*

Человеческое ухо воспринимает звуковые колебания, имеющие частоту примерно от 20 до 16 000 *гц*.

При распространении звуковых колебаний частицы среды, в которой происходит распространение, претерпевают некоторое смещение. Частота этих смещений определяет собой частоту звука, а их амплитуда — силу звука. Смещающиеся частицы воздуха производят определенное давление, называемое звуковым давлением. Обычно указывается эффективное значение звукового давления. При определениях величины акустического давления принято относить его к площадке величиной в 1 *см*², расположенной перпендикулярно действующей силе давления. За единицу давления принят акустический бар, которому соответствует давление, создаваемое силой в одну дину, распределенной на площади в 1 *см*², расположенной перпендикулярно действию силы (1 дина — сила сообщающая массе в 1 *г* ускорение в 1 *см/сек*²).

Силой или интенсивностью звука называется количество звуковой энергии, проходящей в 1 сек. через площадь в 1 *см*², перпендикулярную направлению распространения звука. Сила звука измеряется в ваттах на квадратный сантиметр $\left(\frac{вт}{см^2}\right)$ или в эргах в секунду на $см^2 \left(\frac{эрг}{см^2 сек}\right)$.

Между этими единицами существует соотношение:

$$1\ \frac{вт}{см^2} = 10^7\ эрг/см^2\ сек$$

или

$$1\ эрг/см^2\ сек = 10^{-7}\ вт/см^2.$$

Звуковое давление p и сила звука I для случая распространения звука в воздухе в обычных условиях связаны следующим соотношением:

$$p_{бар} = 6{,}44\sqrt{I \cdot эрг/см^2\ сек} = 2{,}2 \cdot 10^4 \sqrt{I\ \frac{вт}{см^2}}.$$

При распространении звука в неограниченном пространстве сила звука уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния от источника звука, а звуковое давление — пропорционально первой степени расстояния.

Сила источника звука оценивается по величине звукового давления, создаваемого на расстоянии 1 *м*.

Человеческое ухо начинает различать лишь те звуки, сила которых превышает определенную величину, называемую порогом слышимости. Кроме того, человеческое ухо не одинаково воспринимает звуки различной частоты. Ухо более чувствительно к частоте порядка 1 000 *гц*. Порог слышимости на частоте 1 000 *гц* соответствует звуковому давлению в 0,0002 *бар* (сила звука 10^{-16} *вт/см*² или 10^{-9} *эрг/см*² *сек*).

Звуки с интенсивностью, соответствующей порогу слышимости, мы различаем лишь после пребывания в течение некоторого времени в полной тишине. Громкие звуки по достижении определенного предела интенсивности воспринимаются лишь в форме болевого ощущения в ушах. Поэтому этот порог называется порогом болевого ощущения. Он соответствует на средних частотах звуковому давлению порядка 200 *бар*. Порог болевого ощущения гораздо меньше зависит от частоты, чем порог слышимости. Кривые порога слышимости и болевого ощущения в зависимости от частоты приведены на фиг. 8,4. На левой вертикальной шкале этой фигуры отложена соответствующая сила звука I в *вт/см*². Для наглядности на фиг. 8,4 приведены также границы силы звука игры большого симфонического оркестра.

Человеческое ухо при оценке громкости звука подчиняется следующему закону: прирост звукового ощущения пропорционален логарифму отношения раздражения.

Для оценки силы звука принята единица бел, представляющая десятичный логарифм отношения двух величин силы звука (в общем случае — отношения двух величин мощности). На практике применяется единица, в десять раз меньшая,— децибел (*дб*).

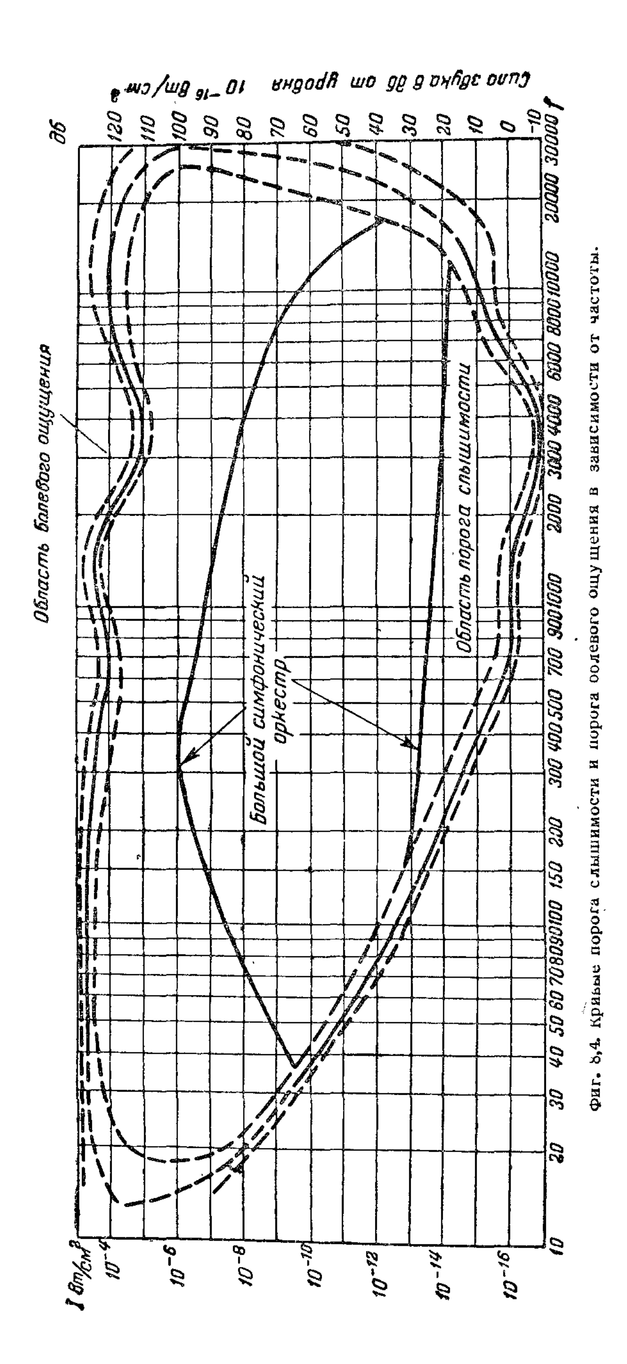
$$N_{дб} = 10\ \lg \frac{I_2}{I_1}.$$

Таблица 8,2

Сводная таблица закона Ома переменного тока для простейших схем

Схема	R — активное сопротивление	X—реактивное сопротивление	Z — полное сопротивление
R L	R	ωL	$\sqrt{R^2+(\omega L)^2}$
R C	R	$(-)\,\frac{1}{\omega C}$	$\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$
L C	0	$\omega L-\frac{1}{\omega C}$	$(+)\sqrt{\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$
R C	R	$\omega L-\frac{1}{\omega C}$	$\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$
L	$\frac{R\cdot(\omega L)^2}{R^2+(\omega L)^2}$	$\frac{R^2\cdot\omega L}{R^2+(\omega L)^2}$	$\frac{R\omega L}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}$
R C	$\frac{R}{1+R^2(\omega C)^2}$	$-\frac{R^2\omega C}{1+R^2(\omega C)^2}$	$\frac{R}{\sqrt{1+R^2(\omega C)^2}}$
L C	0	$\frac{\omega L}{1-\omega^2 LC}$	$(+)\sqrt{\left(\frac{\omega L}{1-\omega^2 LC}\right)^2}$
R L C	$\frac{R}{(1-\omega^2 LC)^2+R^2(\omega C)^2}$	$\frac{\omega L-\omega C(R^2+\omega^2L^2)}{(1-\omega^2LC)^2+R^2\cdot(\omega C)^2}$	$\sqrt{\frac{R^2+(\omega L)^2}{(1-\omega^2LC)^2+R^2(\omega C)^2}}$

В этих формулах: R, X и Z — в омах, L — в генри, C — в фарадах, $\omega=2\pi f$, где f — в герцах.



Фиг. 8,4. Кривые порога слышимости и порога болевого ощущения в зависимости от частоты.

Так как величины силы звука относятся как квадраты звуковых давлений, то разность двух величин давлений *дб* определяется формулой

$$N_{\partial б} = 20 \lg \cdot \frac{P_2}{P_1}.$$

1 *дб* соответствует изменению силы звука в 1,26 раза. Минимальное изменение интенсивности звука, улавливаемое ухом, соответствует изменению силы звука на 1 *дб*. Таким образом, децибел можно охарактеризовать как то минимальное изменение громкости, которое способно различать человеческое ухо.

Силу звука и величину звукового давления по сравнению с порогом слышимости принято оценивать в децибелах. Уровень силы звука представляет собой число децибел над условным нулевым уровнем, соответствующим порогу слышимости чистого тона частотой в 1 000 *гц*.

Звуки одной силы, но разной высоты тона воспринимаются ухом с различной громкостью. Уровнем громкости звука называется уровень силы звука чистого тона в 1 000 *гц*, имеющий одинаковую громкость с оцениваемым звуком.

Для характеристики звучаний применяются еще следующие определения и понятия.

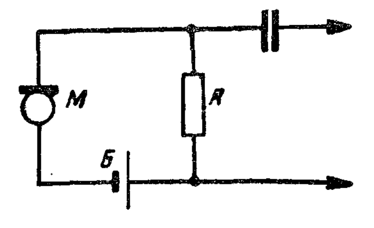
Тембр звука — звуковая окраска основного звука, специфическая для данного сложного звука, обуславливаемая наличием высших гармоник— колебаний, имеющих частоты в 2, 3, 4, 5 и т. д. раз больше, чем основная частота. Тембр звука позволяет различать звуки различных музыкальных инструментов и голоса людей.

Динамический диапазон передачи — разница между минимальными и максимальными значениями силы звука в децибелах. Динамический диапазон звучания большого симфонического оркестра составляет 70—80 *дб*. Это значит, что разница между силой звука при пианиссимо и при фортиссимо составляет 70—80 *дб*.

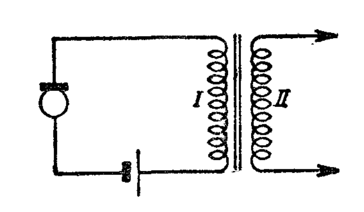
Маскировка звука — явление заглушения слабого звука более сильным. При большой разнице в громкости слабый звук совсем перестает быть слышимым.

8,4. МИКРОФОНЫ

Являясь электроакустическими преобразователями, в которых энергия звуковой волны преобразуется в электрическую энергию, микрофоны характеризуются следующими основными качественными показателями: 1) чувствительностью, 2) полосой пропускаемых частот, 3) величиной частотных искажений, 4) величиной нелинейных искажений, 5) характеристикой направленности.



Фиг. 8,5. Схема включения угольного микрофона.



Фиг. 8,6. Включение микрофона при помощи трансформатора.

Первые три показателя определяются по частотной характеристике чувствительности микрофона. Чувствительностью микрофона называется величина э. д. с., развиваемой микрофоном при звуковом давлении в 1 *бар* и измеряется в милливольтах на бар (*мв/бар*) или в децибелах по отношению к нулевому уровню чувствительности. В качестве нулевого уровня принимают обычно чувствительность в 1 *в/бар* в разомкнутой цепи или на зажимах сопротивления в 250 *ом*. В лабораторной практике за нулевой уровень иногда принимают 0,1 *мв/бар*. Так как чувствительность микрофона в большинстве случаев зависит от частоты, то чувствительностью микрофона обычно считают его среднюю чувствительность в диапазоне частот от 200 до 2 000 *гц*. Иногда вместо средней чувствительности указывается чувствительность на частоте 1 000 *гц*.

Частотные искажения определяются величиной отклонения (в *дб*) частотной характеристики от средней величины. Величина нелинейных искажений характеризуется коэффициентом нелинейных искажений

Коэффициент нелинейных искажений определяется по максимальным рабочим амплитудам (звуковое давление 10—20 *бар* при частоте 1 000 *гц*).

Характеристика направленности представляет кривую, показывающую зависимость чувствительности микрофона от угла падения звуковых волн на его мембрану.

В настоящее время распространены микрофоны следующих пяти типов: 1) угольные или контактные, 2) конденсаторные или электростатические, 3) ленточные электродинамические, обычно называемые просто «ленточными», 4) катушечные электродинамические, обычно называемые электродинамическими или динамическими, 5) пьезоэлектрические или кристаллические.

Угольные микрофоны бывают двух типов: микрофоны одностороннего действия и дифференциальные микрофоны. Наиболее распространены микрофоны первого типа, к ним относятся так называемые «мраморные микрофоны», микрофоны различных телефонных и радиоаппаратов и т. п.

Данные некоторых угольных односторонних микрофонов приведены в табл. 8.3.

Таблица 8,3

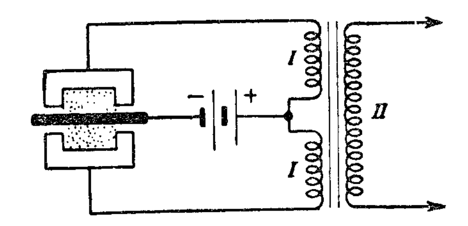
Данные угольных микрофонов

Тип микрофона	Чувствительность в *мв/бар*	Сопротивление в *ом*	Ток, потребляемый в состоянии покоя, в *ма*	Напряжение источника питания в *в*
ММ-2	1—1,5	600—1 000	15—20	5—15
Угольные капсюли				
МБ — № 5	10—15	30—90	40	3
ЦБ — № 5	10—15	100—250	120	24

Простейшая схема включения угольного микрофона одностороннего действия приведена на фиг. 8,5. Лучшая и более распространенная трансформаторная схема включения угольных микрофонов этого типа приведена на фиг. 8,6.

Дифференциальные угольные микрофоны имеют две камеры, заполненные угольным порошком. Схема включения дифференциального микрофона приведена на фиг. 8,7.

Средняя подвижная пластинка микрофона жестко связана с мембраной. Дифференциальный микрофон имеет более высокую чувствительность, чем односторонний, и вносит значительно меньше нелинейных искажений. Телефонный дифференциальный капсюль имеет чувствительность порядка 40—50 *мв/бар* при сопротивлении каждой ячейки от 20 до 90 *ом*. Нормальный ток, потребляемый микрофоном, равен 100—250 *ма*.

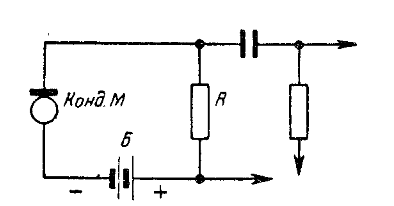


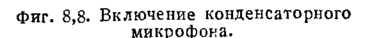
Фиг. 8,7. Схема включения дифференциального микрофона.

Конденсаторный микрофон представляет собой воздушный конденсатор, одной обкладкой которого служит сильно натянутая дюралюминиевая диафрагма, а другой— массивная неподвижная пластина. К конденсатору через сопротивление подводится напряжение (фиг. 8,8). Начальная емкость конденсаторного микрофона бывает порядка 150 *пф*. Величина сопротивления достигает нескольких *мгом*. Напряжение батареи *Б* около 200 *в*. Конденсаторные микрофоны имеют характеристику направленности, близкую к кругу. Частотная характеристика в пределах от 50 до 10 000 *гц* имеет неравномерность около ±3 *дб*. При пользовании конденсаторным микрофоном микрофонная цепь должна быть тщательно экранирована, а микрофон помещен в непосредственной близости к усилителю. Обычно предварительный усилитель монтируется вместе с микрофоном, составляя с ним одно целое. Чувствительность такого микрофона с усилителем составляет около 0,6 *мв/бар*.

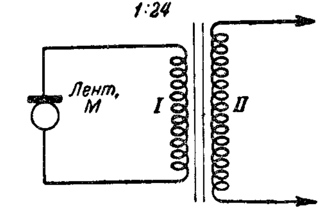
Ленточный микрофон состоит из очень тонкой (толщиной в несколько микрон) алюминиевой гофрированной ленточки, помещенной между полюсами постоянного магнита. Действующие на ленточку силы определяются разностью звуковых давлений по обе ее стороны. Ленточный микрофон не требует источников питания. Схема его включения приведена на фиг. 8,9.

Сопротивление ленточки микрофона равно нескольким омам. Частотная характеристика охватывает полосу частот от 50 до 10 000 *гц* при неравномерности ±8—10 *дб*. Чувствительность микрофона около 0,3 *мв/бар*. Кривая направленности имеет вид восьмерки.





Фиг. 8,8. Включение конденсаторного микрофона.



Фиг. 8,9. Схема включения ленточного и динамического микрофонов.

Динамический микрофон имеет устройство, в принципе сходное с устройством динамического громкоговорителя. Звуковое давление действует на сферическую алюминиевую диафрагму, к которой прикреплена цилиндрическая катушка, находящаяся в сильном магнитном поле.

По существу—это динамик, у которого вместо конусообразного диффузора имеется полусферическая мембрана. Для улучшения частотной характеристики в кожухе и других металлических деталях микрофона устраиваются различные щели, отверстия и полости. Микрофоны присоединяются к усилителям через трансформатор.

Чувствительность динамических микрофонов в среднем составляет 0,3 *мв/бар*. Полоса пропускания примерно от 50 до 8 000 *гц* при неравномерности до 20 *дб*.

П ь е з о э л е к т р и ч е с к и й м и к р о ф о н действует на основе использования пьезоэлектрического эффекта кристаллов сегнетовой соли. Пьезомикрофоны бывают двух типов: мембранные и типа «звуковая ячейка». В электрическом отношении пьезомикрофоны всех типов представляют собой конденсаторы емкостью от одной до нескольких тысяч пикофарад. Эти микрофоны также не требуют источников питании и присоединяются ко входу усилителя непосредственно (вход должен быть высокоомным, т. е. иметь сопротивление порядка 0,5—2 *мгом*).

8,5. РАЗНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Обозначения кратных и дробных единиц

Обозначеняя единиц и их дробных частей производятся по десятичной системе, для чего применяется следующая система приставок, определяющих отношение величины к основной единице:

Таблица 8,4

Отношение величины к основной единице	Обозначение		Наименование обозначения
	русское	латинское	
10^6 (в миллион раз больше)	*мг*	M	мега
10^3 (в тысячу раз больше)	*к*	k	кило
10^2 (в сто раз больше)	*г*	h	гекто
10 (в десять раз больше)	*дк*	D	дека
10^{-1} (одна десятая)	*дц*	d	деци
10^{-2} (одна сотая)	*с*	c	санти
10^{-3} (одна тысячная)	*м*	m	милли
10^{-6} (одна миллионная)	*мк*	μ	микро
10^{-9} (одна биллионная)	—	n	иано
10^{-12} (одна триллиониая)	*п*	P	пико
Кроме того применяются:			
10^{-9} (одна биллионная)	*ммк*	$m\mu$	миллимикро
10^{-12} (одна триллионная)	*мкмк*	$\mu\mu$	микромикро

П р и м е р ы: km = *км* = километр = 10^3 *м*; $m\mu A$ = *ммка* = миллимикроампер 10^{-9} ампера; $M\Omega$ = *мгом* = мегом = 10^6 омов; $\mu\mu F$ = *мкмкф* = = микромикрофарада = 10^{-12} фарады; pF = *пф* = пикофарада = 10^{-12} фарады.

Таблица 8,5

Перечень кристаллов для детекторов и основные сведения о них

№ по пор.	Наименование кристалла	Происхождение	Химический состав
1	Гален (Галенит)	Добывается как минерал и приготавливается искусственно	Сернистый свинец PbS
2	Германий	Добывается	Химический элемент Ge
3	Графит	Добывается и изготавливается искусственно	Кристаллический углерод C
4	Карборунд	Получается при сплавлении кокса и кремнезема в пламени электрической дуги	Карбид кремния SiC
5	Молибденит	Минерал: молибденовый блеск	Сернистая соль MoS_2
6	Пирит	Минерал: железный или серный колчедан	Сернистая соль FeS_2
7	Силикон	Изготавливается искусственно путем прокаливания песка с металлическим магнием, последующего растворения в расплавленном цинке и обработкой соляной кислотой	Кристаллический кремний Si
8	Халькопирит	Медный колчедан, добывается	$Cu_2S \cdot Fe_2S_3$
9	Цинкит	Минерал, добывается	Окись цинка ZnO

Таблица 8,6

Характеристики различных детекторных пар

№ по пор.	Наименование детекторной пары	Чувствительность	Устойчивость
1	Гален—графит	Очень большая	Очень малая
2	Гален—медь	„ „	„ „
3	Гален—никелин	„ „	„ „
4	Гален—сталь	„ „	„ „
5	Германий сталь	Большая	Очень большая
6	Графит—сталь	Небольшая	„ „
7	Карборунд—сталь	Средняя	„ „
8	Карборунд—латунь	Небольшая	„ „
9	Карборунд—пирит	„	„ „
10	Молибденит—серебро	Средняя	„ „
11	Молибденит—медь	„	„ „
12	Пирит—медь	Большая	Большая
13	Пирит—халькопирит	„	„
14	Силикон—медь	Очень большая	Очень большая
15	Силикон—сталь	„ „	„ „
16	Силикон—халькопирит	„ „	„ „
17	Халькопирит—алюминий	Большая	„ „
18	Халькопирит—медь	Очень малая	„ „
19	Цинкит—медь	Большая	Средняя
20	Цинкит—халькопирит	Очень большая	Большая

Математические знаки

$=$ равно.

$\equiv$ тождественно.

$\neq$ не равно.

$\approx$, $\cong$, $\simeq$ приблизительно равно.

$<$ меньше.

$>$ больше.

$\leqslant$ меньше или равно.

$\geqslant$ больше или равно.

$\ll$ намного меньше.

$\gg$ намного больше.

$\div$ от и до.

∞ бесконечность.

π — отношение окружности к диаметру — 3,1416.

$\frac{\pi}{2} = 1{,}5708$.

$\omega = 2\pi f$, где f — частота в герцах (*гц*).

Некоторые геометрические соотношения

Длина окружности $l = 2\pi r = 6{,}28r = \pi d = 3{,}14d$.

Площадь круга $S = \pi r^2 = 3{,}14r^2 = \frac{\pi d^2}{4} = 0{,}79d^2$, отсюда

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}};\ d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt[4]{\frac{S}{0{,}79}}.$$

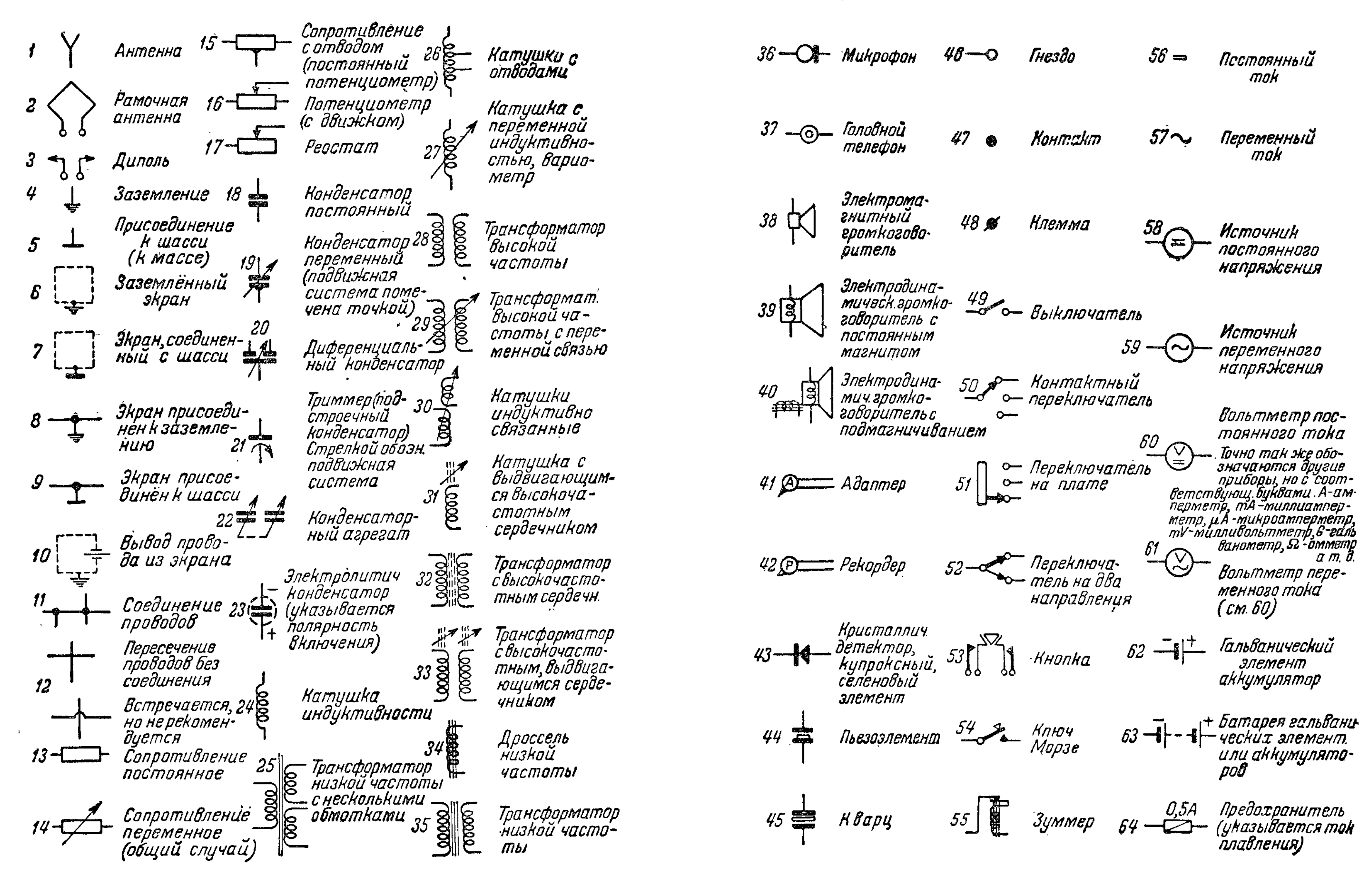
Объем шара $V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 4{,}19r^3 = \frac{1}{6}\pi d^3 = 0{,}52d^3$.

Поверхность шара $S = 4\pi r^2 = 12{,}57r^2 = \pi d^2 = 3{,}14d^2$.

Объем цилиндра $V = \pi r^2 h = 3{,}14r^2 h = \frac{\pi d^2 h}{4} = 0{,}79d^2 h$.

Если в этих выражениях радиус r, диаметр d и высота h выражены в *мм*, то длина l, площадь S и объем V выражены соответственно в *мм*, *мм*^{2} и *мм*^{3}.

Таблица условных обозначений



АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
12	Подпись под фиг. 1,3	*B*	*C*
12	„	*C*	*B*
21	Формула (2,1)	$5{,}16 \cdot 10^{10}$	$2{,}53 \cdot 10^{10}$
76	Таблица 4,10		
	Катушка L_4 (без экрана)	8	80
	Катушка L_4 (с экраном)	8	90
	Катушка L_5 (без экрана)	5	50
	Катушка L_5 (с экраном)	5	55
127	10 сверху	выражается в омах	измеряется в $\frac{ом \cdot мм^2}{м}$
163	4	$8 \cdot 10^8$ *м/сек*	$3 \cdot 10^8$ *м/сек*

Элементы и детали любительских радиоприемников.